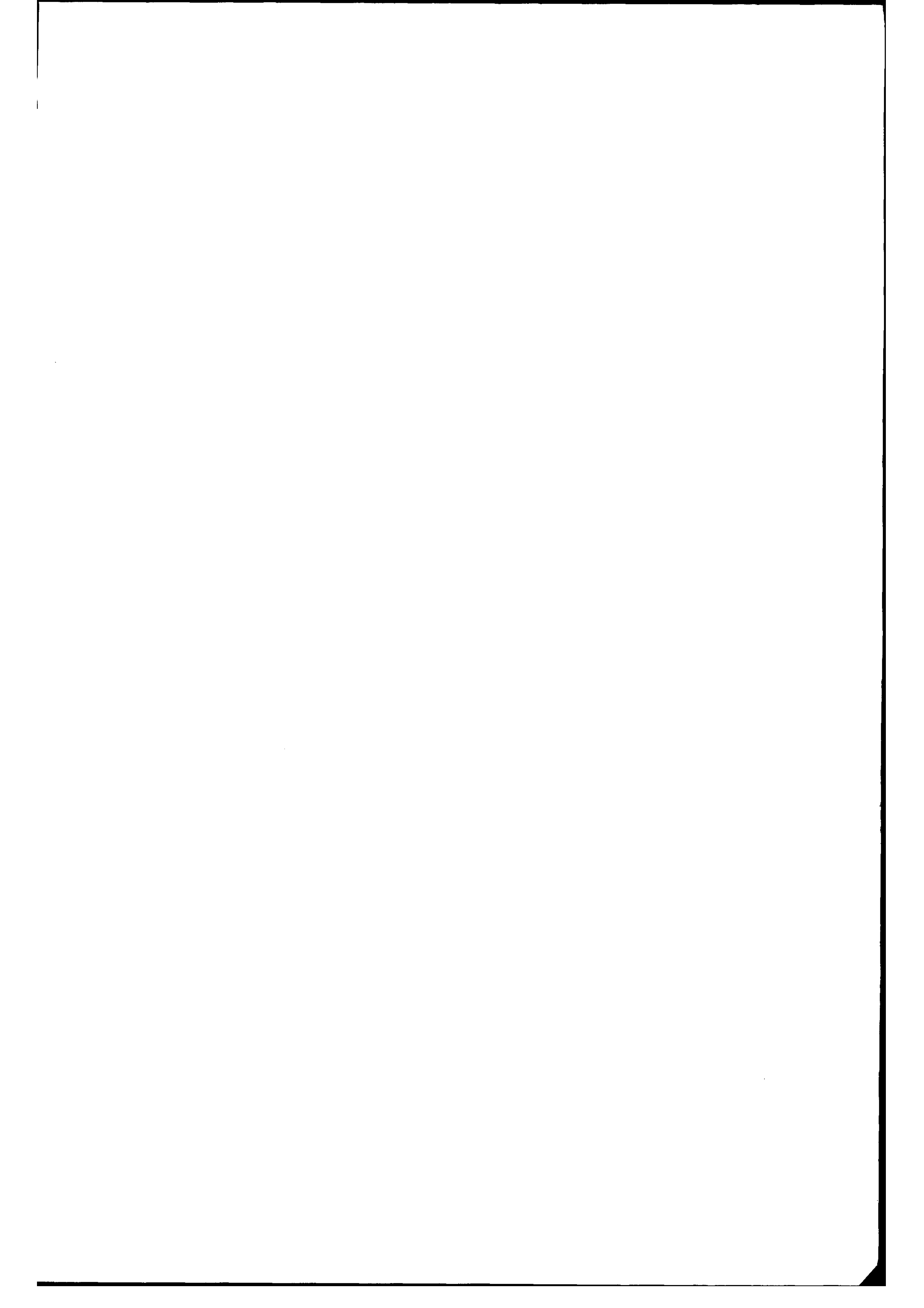
جامعة القاهرة
كلية الزراعة
قسم المحاصيل

تربيـــة الـــذرة الشاميـــة

د. احمد مدحت محمد النجار
استاذ المحاصيل

١٩٩٨



تقديم

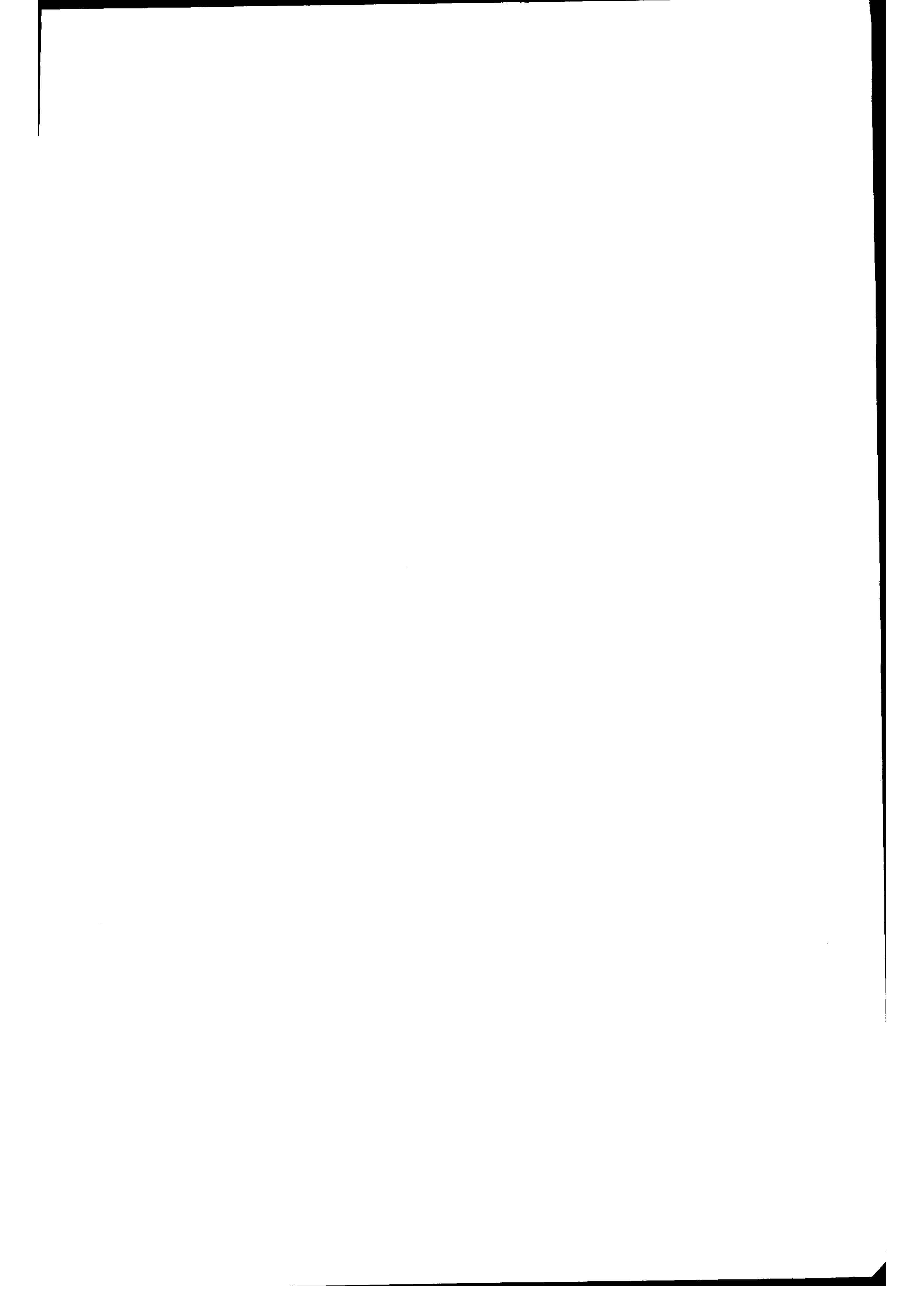
نظرا لما تحقق فى الذرة الشامية فى الحقبتين الأخيرتين من انجازات باهرة فى مجال استنباط الأصناف المحسنة بداية بالاصناف التركيبية عالية الانتاج مثل قاهرة ١ ، جيزة ٢ ثم بالهجن الفردية مع بداية التسعينات مثل هجين فردى ١٠ ، فقد تم بعون الله اعداد مرجع مصرى عن " **تربية الذرة الشامية** " الذى أرجو أن يكون متكاملا ليستفيد منه كل من طلاب المرحلة الجامعية الأولى (البكالوريوس) وطلاب الدراسات العليا بكليات الزراعة وكذلك جميع المشتغلين بمراكز البحث العلمى الزراعى سواء بالقطاع الحكومى أو القطاع الخاص والشركات الزراعية التى تهتم حاليا بالتربية لهجن خاصة بها والمتخصصين فى تربية نباتات المحاصيل وخصوصا محصول الذرة الشامية الذى يعتبر النموذج الأمثل لتربية المحاصيل خلطية الإخصاب .

والى جانب الرسائل الجامعية العديده وما حوته من نتائج اكاديمية فى فلسفة تربية الذرة ونتائج تطبيقية تهم المربى المصرى ، فقد تم الاستعانة فى هذا المؤلف بكثير من الكتب والمراجع الأجنبية والعربية عند تحضير المادة العلمية لهذا الكتاب كما تم الاستعانة بالعديد من الجداول والصور والرسوم البيانيه لمساعدة القارىء على متابعة وفهم هذه المعلومات. وإننى اتقدم بالشكر لكل زملائى الذين شجعونى على اخراج هذا العمل المتواضع الى حيز التنفيذ وأتمنى بذلك أن اكون قد ساهمت فى نقل ما أكتسبته من خبره فى تربيه الذرة الشامية كطالب ماجستير ثم دكتوراه ثم خلال اشرافى على العديد من طلاب الماجستير والدكتوراه ، وحتى يكون هذا المرجع خيرعون لطلاب العلم فى مصر والوطن العربى . واننى أثق أن الكمال لله وحده ، وأن فوق كل ذى علم عليم .

وأرجو الله أن يوفقنا دائما لتقديم المزيد من هذه الكتب العلمية التى تثرى مكتباتنا الوطنية بما ينفع الناس ويسهم فى تقدم ورفعة وطننا الغالى .

والله المستعان

المؤلف



المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة

مقدمة

الذرة الشامية Maize أو الهندية Indian corn والتى تعرف علميا باسم Zea mays. L تشترك مع القمح (Triticum spp.) والأرز (Oryza spp.) كأحد أهم ثلاثة محاصيل حبوب فى العالم. فمن حيث الانتاج العالمى الكلى يزيد انتاج الذره عادة عن ٤٠٠ مليون طن مترى كل عام مقارنه بحوالى ٥٠٠ مليون طن من القمح وأقل قليلا من ٤٠٠ مليون طن بالنسبة للأرز .

ويزرع الذرة فى مجال أوسع من البيئات مقارنة بالقمح أو الأرز وذلك بسبب قدرته الأعلى على التأقلم. وخلال العقد الأخير ازداد انتاج الذرة العالمى بحوالى ١٤٠مليون طن وهو ما يمثل معدل زيادة سنوية قدرها ٣,١٪ فى تحسين غلة المحصول وحوالى ١٪ توسع سنوى فى مساحة الذرة المنزرعة.

وللذرة أربعة استعمالات رئيسية و هى : غذاء لحيوانات المزرعة ، وللاستهلاك الآدمى ، وللأغراض الصناعية وكتقاوى. وعلى المستوى العالمى يستخدم ٦٧٪ من الذرة لأجل تغذية الحيوانات و ٢٥٪ منه للاستهلاك الآدمى والأغراض الصناعية والمتبقى يستخدم من أجل التقاوى أو يفقد فى عمليات التداول. وتاريخيا استخدمت الذرة أساسا لتغذية الحيوانات فى الدول المتقدمة بينما كان الاستهلاك الآدمى بدرجة اكبر فى الدول النامية. وقد ازداد استعمال الذرة كغذاء للانتاج الحيوانى بدرجة أسرع من الاستهلاك الآدمى المباشر فى الدول النامية خلال العقد الأخير.

وتنتج الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ما يقرب من نصف الإنتاج العالمى الكلى من الذرة يليها الصين والبرازيل . وتعتبر الذرة حبوب غذائية أساسية للانسان فى المكسيك وامريكا الوسطى والصين وافريقيا. وتستخدم الذرة فى الولايات المتحدة الأمريكية أساسا لتغذية الحيوان ولكنه أيضا يعتبر مصدرا لعدد متزايد من المنتجات الصناعية الهامة.

ولقد بدأت زراعة الذره فى مصر فى القرن السابع عشر عندما أدخلت من تركيا والشام. ولكن مساحتها لم تتطور الا فى عصر محمد على نتيجة للتحسين الذى طرأ على نظام الرى فى الدلتا ولم تتوسع مساحتها فى الصعيد الا بعد الغاء الرى الحوضى بعد انشاء السد العالى. وقبل السد العالى كانت معظم مساحة الذره فى مصر تزرع نيليا (يولية / أغسطس) عقب ورود الفيضان ولذلك كانت انتاجية الفدان منخفضة جدا وبعد ١٩٦٤ تزايدت مساحة الذره الصيفى تدريجيا وانخفضت مساحة النيلى مما أدى الى زيادة متوسط انتاجية الفدان نظرا

لزيادة محصول الزراعات الصيفية. وخلال الفترة ١٩٧٥ - ١٩٩٤ زادت انتاجية فدان الذره الصيفى من ١,٧ الى ٢,٧ طن (حوالى ١٩ أردب) وتزايدت انتاجية النيلى من ١,١الى ١,٩طن (١٣,٦ أردب). وترجع هذه الزيادات الى التوسع فى استخدام الأصناف التركيبية المحسنه والهجن عالية الانتاج. ولازال المجال متسعا لمضاعفة انتاجية الفدان بتعمييم زراعة الهجن الممتازة ، حيث أنه فى الفترة ١٩٩٠ - ١٩٩٤ لم تزد المساحة المزروعة بالهجن عن ٥٠٪ من مساحة الصيفى ، ٢٩٪ من مساحة الذره النيلى. ولقد كانت الذره غذاء رئيسيا فى الريف المصرى حيث كانت تطحن لعمل الخبز أو غيره ، غير أنه نتيجة لزيادة معدل التحضر فى الريف منذ السبعينات وتيسر استيراد القمح قل تدريجيا استخدام الذره فى الريف للغذاء وتزايد استخدامها فى تغذية الحيوان والدواجن. ولا شك أن الاهتمام بزيادة انتاجية الذره سوف يساعد على حل كثير من مشاكل تغذية الانسان والحيوان فى مصر خاصة مع نجاح فكرة خلط القمح بنسبة من الذره لصناعة الخبز.

مصادر التباين الوراثى فى الذرة
Sources of Genetic Variability

١ - نشأة الذرة Origin of Corn

الذره هى واحده من محاصيل الولايات المتحدة الامريكية الرئيسية القليلة التى يرجع موطنها لنصف الكرة الغربى (الأمريكتين) حيث كانت مكونا هاما لحضارات الهنود الحمر عندما وصل المحتلون الأوربيون الى نصف الكرة الغربى. فكان الذره هو محصول الغذاء الرئيسى للهنود عندما اكتشف كولمبوس أمريكا وما يزال الذره هو أهم محصول حبوب غذائية فى المكسيك وأمريكا الوسطى وكثير من الدول فى أمريكا الجنوبية. والذره هو أحد أقدم المحاصيل المنزرعة وليس له قدره طويله على الحياه بالشكل البرى بل هو قادر فقط على أن يزرع مستأنسا بواسطة الانسان. ويبدو أنه كان يزرع بواسطة الهنود الحمر لقرون عديده قبل أن يصل الانسان الأبيض الى الأمريكتين . وخلال هذه الفترة أتم الهنود خطوه ملحوظة فى تربيته واستنبطوا سلالات Strains من الذره المنغوزه والدقيقية (النشوية) والصوانية والفيشار والحلوة. و كان الاسهام الأساسى للانسان الأبيض فى تحسين الذره قبل القرن العشرين هو استنباط الأصناف الصوانية المتأقلمة لحزام الذره الأوسط وللمناطق الشمالية والشرقية والجنوبية من الولايات المتحدة الأمريكية. أما الاسهامات الرئيسية فى القرن العشرين

فقد كانت تطوير طرق التربية بالنسبة لاستنباط الذره الهجن والإنتاج التجارى له على نطاق واسع.

إن انتقال الذرة من الصورة البرية (النوع الحشائشى) الى النوع المستأنس يحتمل أن يكون قد حدث منذ ٧٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ سنة (هالاوار سنه ١٩٨٧) فعند وصول المحتلين الأوربيين الى الأمريكتين كان معظم ما يقرب من الـ ٢٥٠ الى ٣٠٠ سلالة races من الذره قد تطورت بالفعل . وبعد ذلك استخدمت طرق تربية ذرة بدائية ولكنها كانت فعالة فى تطوير سلالات strains وأصناف cultivars ترضى احتياجاتهم الزراعية معتمدة فى ذلك على أشكال مظهرية يمكن تمييزها بسهولة (حسب لون الحبه وطرازها) وعلى الظروف البيئية السائدة من موسم نضج و ارتفاعات و جفاف و آفات...الخ. ويعتقد أن مربو الذره الأوائل قد طوروا ثروة كبيره من المادة الوراثية Germplasm التى أسهمت فى زيادة الإنتاجية وفى ثبات انتاجية هجن الذره الحديثة.

والذره هو أحد أفراد العائلة النجيلية فى القبيلة Maydeae وتشمل هذه القبيلة سبعة أجناس إثنين منها موطنهما نصف الكرة الغربى وهم : Zea , Tripsacum وخمسة موطنهم آسيا وهم : Polytoca , Coix , Chionachne, Trilobachne , Schlerachne (جدول ١).

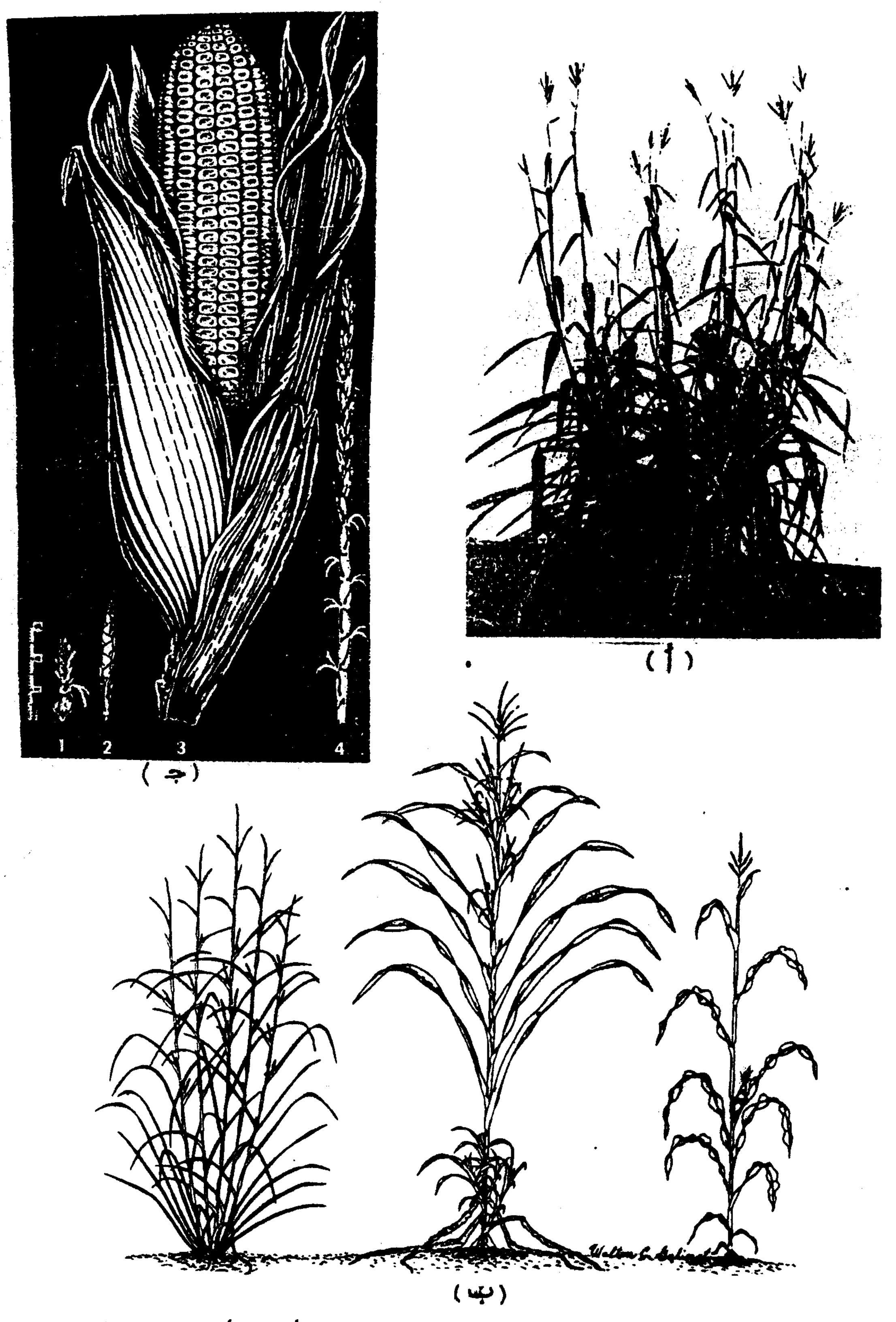
ويشمل جنس الـ Zea أربعة أنواع يطلق عليهم عادة تيوسينت Teosinte، والنوع الخامس هو الذره كالآتى :-

١- . Z . mexicana (تيونيست)
٢- . Z . perennis (تيونست)
٣- . Z .luxarians (تيونسَت)
٤- Z . diploperennis (تيونست)
٥- Z . mays (الذره)

وأقرب الاقارب للذره هما التيوسينت والـ Tripsacum. ويعتبر التيوسينت (صورة رقم ١) الاكثر قربا للذره عن الـ Tripsacum . ويستوطن التيوسينت فى المكسيك وجوايتمالا ويمكن أن نجده ناميا فى موطنه كنبات برى (حشيشة) فى الحقول المنزرعة بالذره. ويشبه التيوسينت الذرة فى كونه نبات وحيد المسكن monoecious وحيد الجنس ، حيث توجد الأزهار المذكرة والأزهار المؤنثة فى نورات مستقلة . ولكنه يختلف عن الذرة فى أن النورات المؤنثة فى التيوسينت تحمل ٦ الى ١٢ حبة فقط ذات تراكيب مثلثة صدفية وتنفصل البذور عن بعضها وتنفرد عند النضج مما يشكل وسائلا طبيعية لانتشار البذور.

جدول (١) الأجناس والأنواع التى تشملها قبيلة Maydeae
(من كتاب أساسيات تحسين الأصناف - "فهر" سنة ١٩٨٧)

أجناس نصف الكرة الغربى (الأمريكتين)		أجناس آسيا	
النوع	2n	الجنس	2n
Zea mays	20	Chionachne	20
Z. doploperennis	20	Coix	10,20
Z. luxurians	20	Polyto	20
Z. mexicana	20	Sehlerachne	20
Z. perennis	20	Trilobachne	20
Tripsacum adersomii	64		
T. australe	36		
T. bravum	36,72		
T. cundinamarce	36		
T. dactyloide	36,72		
T. floridanum	36		
T. intermedium	72		
T. manisuroides	72		
T. latifolium	36		
T. peruvianum	72,92,108		
T. zopilotense	36,72		
T. jalapense	72		
T. lanceolatum	72		
T. laxum	36		
T. maizar	36,72		
T. pilosum	72		



صورة رقم (١) أ – : نبات التيوسنيت (Zea mexicana) أقرب الأقارب المعروفة للذرة .

ب – نبات التربساكم Tripsacum dactyloids على اليسار ثانى الأقارب للذرة ونبات ذرة على اليمين وفى الوسط هجين الـ F_1 بينهما جـ – مقارنة لسنابل مؤنثة من أقارب الذرة : ١ – Coix sp ، ٢ – Teosinte ، ٣ – ذرة ، ٤ – Tripsacum

أما الـ Tripsacum فهو اكثر تباعدا عن الذرة من التيوسينت ، ويمكن أن نجده ناميا فى المكسيك وأمريكا الوسطى وفى الجنوب الغربى للولايات المتحدة. ومثل الذرة والتيوسينت فان الـ Tripsacum وحيد المسكن monoecious فى طبيعة تزهيره ويقترح العلماء أن Tripsacum يمكن استخدامه كمصدر لجينات المقاومة للأمراض والحشرات التى يمكن نقلها الى الذرة الشامية بواسطة طرق التربية المناسبة .

وأنواع التيوسينت تأخذ مظهر الحشيشة ولكن فى معظم الحالات يمكن أن تهجن مع الذرة. أما جنس الـ Tripsacum فهو يشمل العديد من الأنواع المعمرة ذات المستويات المختلفة من التضاعف الكروموسومى . والتشابه بين الذرة والـ Tripsacum أقل كثيرا منه بين الذرة والتيوسينت فبينما يسهل التهجين نسبيا بين الذرة والتيوسينت ويعطينا هجنا خصبة إلا أن تهجين الذرة والـ Tripsacum صعب ويتطلب تقنيات خاصة .

وعدد الكروموسومات الجسمية للذره هو ٢ن = ٢٠ وهو نفس العدد للأنواع Z.mexicana و Z. luxurians و Z. diploperennis وهى أنواع حولية أما النوع Z.perennis فهو نوع معمر يعتقد انه نشأ بالتضاعف من التيوسينت (Z. mexicana) أى انه رباعى المجموعة (٢ن = ٤٠) . وأنواع الـ Tripsacum لها اعداد كرموسومات جسمية عادة ما تكون مضاعفات الـ ١٨.

وبخلاف نجاح التهجين للذرة مع التيوسينت والـ Tripsacum فقد وجد أن الذرة يمكن تهجينها بنجاح أيضا مع جنس قصب السكر Saccharum ومع جنس الـ Coix. وقد تم تهجين الذرة مع قصب السكر مرات عديدة ولكن النسل الهجينى لم يصل أبدا الى مرحلة التكاثر الجنسى. أما التهجين بين الذرة والـ Coix فقد نجح وتم الحصول على بذورمن هذا الهجين .

نظريـــات نشوء الــــــذرة

قدمت اربع نظريات كنشوء محتمل للذرة وهى :-

أ- نظرية (1955) Weatherwax : تقترح أن الذرة والتيونيست والـ Tripsacum نشأت جميعا من جد واحد استوطن فى المناطق المرتفعة من المكسيك أو جوايتمالا.

ب- نظرية (1945) Anderson: تقترح أن الذرة نشأت من هجين بين نوعين ربما يكونا الـ Coix والسورجم Sorghun كل منهما يحتوى ١٠ كروموسومات.

ج- نظرية (1939) Mangeldorf and Reeves : تقترح أن الذرة البرى كان شكلا من أشكال الذرة الغلافية (المغطاه) Pod corn التى تستوطن المناطق المنخفضة من

أمريكا الجنوبية وأن التيوسينت نشأ من تهجين الذرة المنزرعة مع الـ Tripsacum في امريكا الوسطى وأن الأصناف الحديثة من الذرة نتجت من الهجين بين الذرة الغلافية والـ Tripsacum أو التيوسينت .

د- نظرية Beadle et al (1939) : تقترح أن الذرة نشأت من التيوسينت بالانتخاب المباشر.

وبالرغم من أن أسلاف الذرة قد درست دراسة مستضيفه الا أن نشوء الذرة الحقيقى لم يصل فيه العلماء الى حل . وفيما عدا نظرية (1945) Anderson فأنه لم يدخل فى الاعتبار أى من الأجناس الآسيوية فى نشوء الذرة الحديثة.

ويقترح أن هناك منطقتين محتملتين كمراكز لنشوء الذرة وجدت فيها العديد من طرز الذرة وهما :-

أ- المناطق المرتفعة من بيرو والاكوادور وبوليفيا .

ب-منطقة جنوب المكسيك وأمريكا الوسطى .

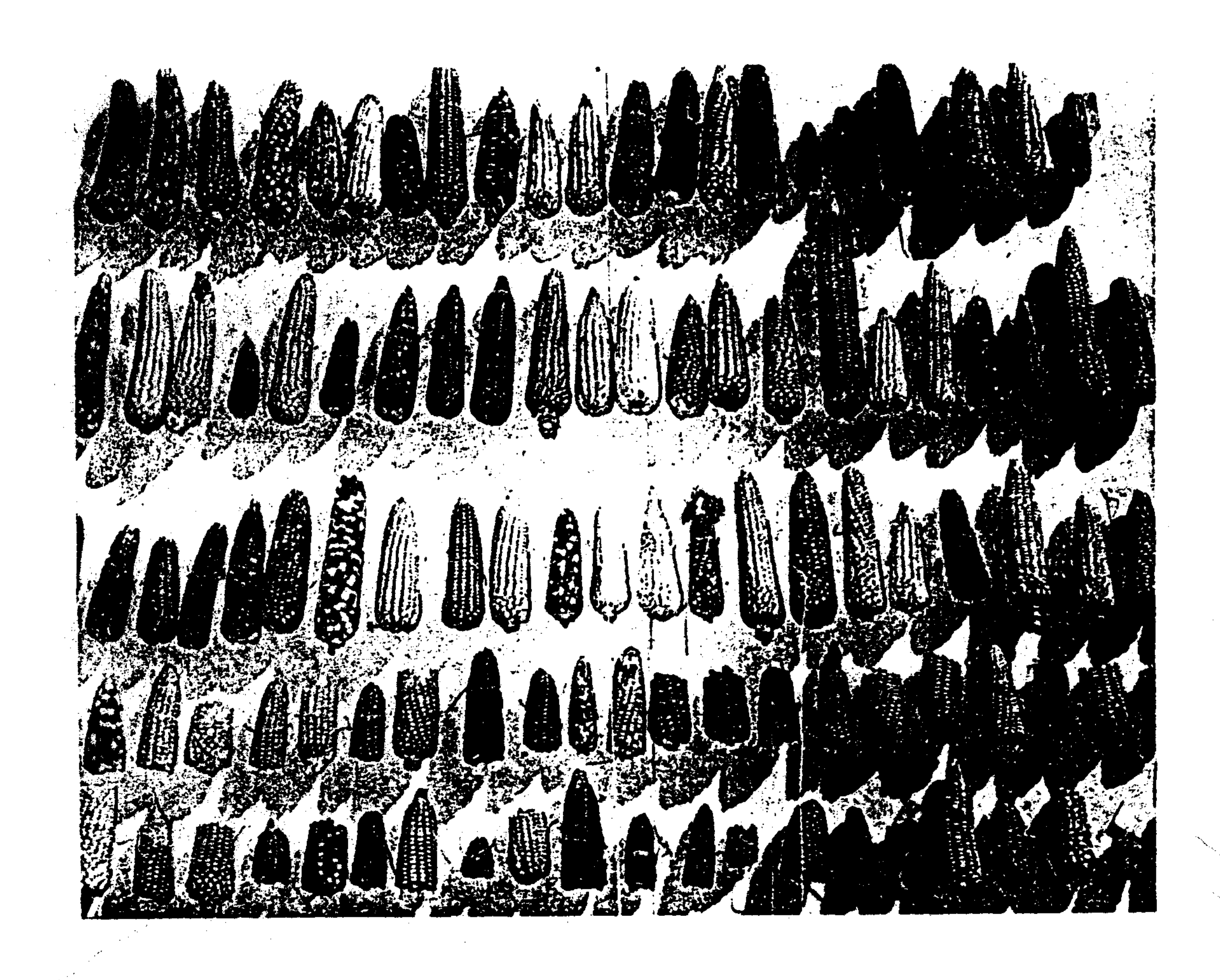
٢ - سلالات الذرة Races of Corn

عرف اندرسون وكتلر (١٩٤٢) السلالة race فى الذرة بأنها " مجموعة من الأفراد القريبة التى تشمل على صفات متماثلة بدرجة كافية تسمح لنا بالتعرف عليها كمجموعة " وأنها من الناحية الوراثية عبارة عن " مجموعة من الأفراد التى تحتوى على عدد كبير من الجينات المتماثلة ، فالسلالات الرئيسية Major races تحتوى على عدد جينات متماثله أقل من العدد الذى تحتويه تحت السلالات Sub - races " .

إن فهم التباينات فى الذرة فهما جيدا لهو متطلب هام بالنسبة لمربى الذرة حيث ان زيادة المعرفة بتركيب سلالات الذرة سوف يزيد المعرفة بأكثر الطرق فعالية وتأثيرا لتقليل الهشاشة الوراثية Vulnerability لأصناف الذرة التجارية . حيث أشار تقرير لأكاديمية العلوم الأمريكية سنة ١٩٧٢ الى أن الذرة قد حدث له خلال الخمسين عاما السابقة للتقرير نقص تدريجى ومستمر فى التباين الوراثى Genetic diversity وأن هذا النقص فى التباين الوراثى كان مصحوبا بزيادة فى الهشاشة الوراثية ، فكلما ضاقت القاعدة الوراثية للمادة الوراثية (جيرمبلازم) للذرة Corn germplasm المستخدمة فى استنباط الأصناف التجارية كلما زادت بالتالى المخاطرة فى حدوث فقد اقتصادى للمحصول بسبب سهولة تعرضه لتأثير الأمراض أو الحشرات أو ظروف التقسية غير الطبيعية . والمثال على ذلك هو ما حدث عام ١٩٧٠

بالولايات المتحدة الأمريكية عندما أصاب الذرة وباء مرض لفحة أوراق الذرة المتسبب عن الفطر Helminthosporium maydis نتيجة الاستخدام الشائع لمادة وراثية موحدة فى جميع الهجن المنزرعة (حيث كانت أمهاتها تحتوى على سيتوبلازم عقيم موحد من النوع التكساسى Texas يسبب العقم الذكرى الذى يساعد فى الإستغناء عن عملية التطويش المكلفة والمجهدة عند انتاج الهجن) . وهذه السابقة تؤكد أمكانية حدوث مخاطر نتيجة النحر أو التآكل فى التباين الوراثى لأى محصول يزرع بمساحات كبيرة. وأن ابسط طريقة لتصحيح هذا الوضع وزيادة التباين الوراثى فى هذا المحصول الهام هى استقدام المصادر المتباعدة وراثيا من جيرمبلازم الذرة والتى يوجد معظمها فى المناطق الحارة وشبه الحارة ، حيث أن اكبر مخزون من جيرمبلازم الذرة موجود فىالأمريكتين ، والمعلومات محدودة جدا عن وجود تباين للذرة فى أوربا وأفريقيا وآسيا. وبالرغم من أن معلوماتنا عن سلالات الذرة الموجودة فى المناطق الحارة وشبه الحارة ما تزال غير كاملة فان المعلومات المتوفرة لو استخدمت سوف تبسط مهمة تنقيص الهشاشة الوراثية لأهم محصول فى تغذية الحيوان وهو الذرة الشامية.

لقد بدأ علماء من مؤسسة روكفلر ووزارة الزراعة الأمريكية ووزارة الزراعة المكسيكية عام ١٩٤٣ بتجميع الأصناف المحلية من الذرة من مناطق عديدة فى المكسيك ، وقاموا بعمل مجموعات ، كل مجموعة لها صفات متشابهة وبالتالى أمكنهم تقسيم هذه الأصناف المحلية الى عدد من السلالات (Races) المختلفة عن بعضها بطريقة أو اخرى. وقد عملت بعد ذلك ايضا تجميعات Collections من الذرة المحلية فى بيرو وبوليفيا والبرازيل وجواتيمالا ودول أخرى من أمريكا الوسطى والجنوبية وكذلك فى الولايات المتحدة الأمريكية (انظر الصورة رقم ٢) ونتج عن هذه الجهود عمل حوالى ١٢٠٠٠ تجميعة حيث تم عمل تقسيم لها الى حوالى ٢٥٠ سلالة Races واعتمد هذا التقسيم الى سلالات على صفات يمكن تمييزها للنورة المذكرة والكوز وعلى اختلافات فسيولوجية , وراثية وسيتولوجية وعلى النشأة الجغرافية للصنف. وأدت الجهود التى أجريت بعد ذلك على تعريف هذه التجميعات Collections على أساس صفات الكوز والحبة الى تقليل هذا العدد الى ١٤ مجموعة سلالات (racial groups) وقد عمل هذا التقسيم بحيث أنه يمكن ربط صفات معينة بسلالة ما، حيث أن هذا يمكن أن يسهل استعمال المربى للسلالات لو أنه كان يبحث عن مادة وراثية (جيرمبلازم) بها صفة معينة. ولسوء الحظ فان كثير من التجميعات الأصلية قد فقدت فى ذلك الوقت بسبب عدم توفر إمكانيات التخزين (الحفظ) المجهزة بطريقة مناسبة وقد عملت بعد ذلك جهود لتصحيح مشكلة التخزين



صورة رقم (٢): جزء من تجميعة لنوعيات مختلفة من الذرة من جواتيمالا والتجميعات المأخوذه من أمريكا الوسطى وأمريكا الجنوبية تم تصنيفها الى ٢٥٠ سلاله races وقد تم تخزين تجميعات الذرة المحلية هذه فى المركز العالمى لتحسين الذرة والقمح بالمكسيك وفى المعمل الوطنى لتخزين البذور بفورت كولينز بالولايات المتحدة وهذه التجميعات عباره عن مصادر للجينات النافعه لمربى النباتات .

بحيث انه فى الوقت الحالى يخزن ما يزيد عن ١٢٠٠٠ تجميعة من ٤٦ دولة فى المركز العالمى لتحسين الذرة والقمح بالمكسيك (CIMMYT) كما تم تخزين نسخة مكررة من كل من هذه التجميعات فى معمل حفظ البذور الوطنى الموجود بمدينة فورت كولينز بولاية كلورادو الأمريكية ، كما أن هناك تجميعات مخزنة ايضا فى كولومبيا وبيرو.

السلالات فى الولايات المتحدة الأمريكية

من بين اصناف الذرة المحلية فى الولايات المتحدة الأمريكية أمكن تمييز ٩ سلالات races بالاضافة الذرة الفشار Popcorns والذرة الحلوة Sweet corns وكانت أهم هذه السلالات ما يلى :

١- **Corn Belt Dents** : ومعظم أصناف هذه السلالة استنبط خلال النصف الأخير من القرن التاسع عشر وزرعت فى حزام الذرة Corn Belt بالولايات المتحدة الأمريكية قبل استخدام الذرة الهجين وكانت أكثر الأصناف المفتوحة التلقيح Open - varieties pollinated Varieties التابعة لهذه السلالة هى :

Leaming - Krug Yellow Dent - Reid Yellow Dent - Boon County White - Lancaster - Midland Yellow Dent - Minnesota / 3 - Johnson County White -

وكان الصنف Minnesota /3 صنفا مبكرا وأدى للتوسع فى انتاج الذرة الصوانية فى اتجاه الشمال فى مناطق لم يكن يزرع بها قبل ذلك إلا الأصناف المنغوزة المبكرة فقط .

٢- **Southern Dents** : والتى شملت الأصناف Gourdseed , Hickory King و Mexican June .

٣- **Northern Flints** : وهى التى زرعت بواسطة السكان الجدد فى المناطق الشمالية والشرقية من الولايات المتحدة الأمريكية وشملت على الأصناف :

New England Flint , Smutnose , Longfellow

والأصناف المفتوحة التلقيح التابعة لهذه السلالات قد تم استبدالها بأصناف الذرة الهجين ولم تعد تزرع بعد وتبذل المحاولات لحفظ هذه المواد الوراثية للاستفادة بها فى برامج التربية .

الطرز الزراعية للذرة Corn Types

قسم علماء النبات الذرة تبعا لصفات الكيزان والحبوب الى عدة طرز (صـــورة رقـم ٣) أهمها مايلى :

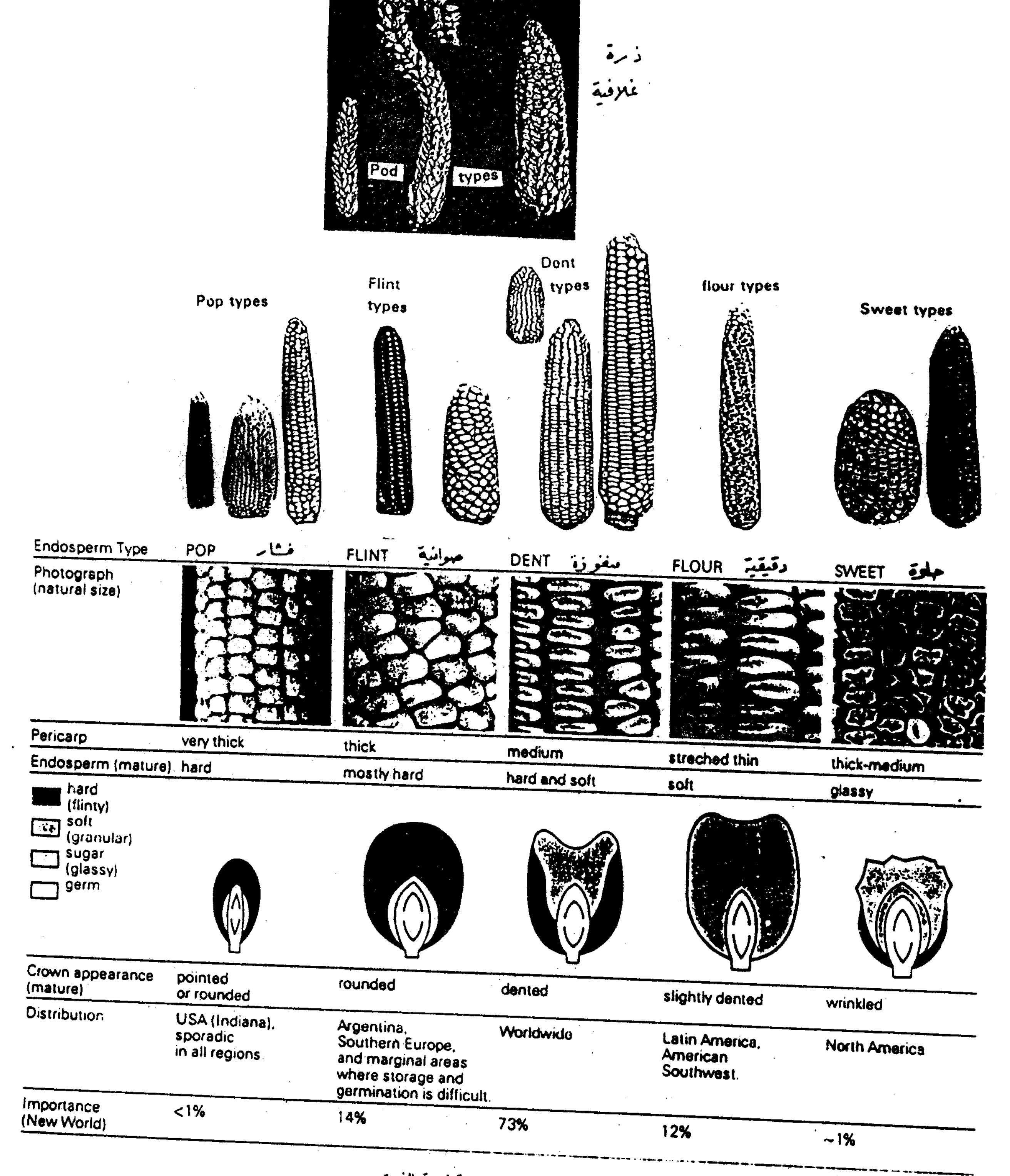
١- الذرة المنغوزة (Zea mays indentata (Dent corn : وهى اكثر طــرز الــذرة انتشارا فى الولايات المتحدة , كما ان معظم اصناف وهجن الذره فى مصر تنتمى لــه وتنشأ النغزة فى قمة الحبة نتيجة لوجود اندوسبرم نشوى سريع الجفاف يحيطه مـــن الجوانب اندوسبرم قرنى (صوانى) بطىء الجفاف. ويتوقف شكل النغزة على كميـــة النشا وسمك المادة القرنية وامتدادها. وتتميزعيدان وكيزان انـــواع الــذرة المنغــوزه بالكبر بالمقارنة بالأنواع الأخرى ويتراوح عدد صفوف الحبوب فى كيزانــها مــابين ٨-٢٤ صفا وهى اكثر الطرز ارتفاعا فى نسبه النشا وناتج الدقيق.

٢- الذره الصوانيه (Zea mays indurata (Flint corn :وهى منتشرة فـــى أوربــا والطبقة الخارجية من الاندوسبرم كلها قرنية ملساء تحيط بالاندوسبرم النشوى احاطــة تامة مما يحول دون بلوغه الى قمة الحبة وبناء عليه تصبح الحبـــة عديمـــة النغــزة وتتميز الذرة الصوانية بأنها سريعة النمو مبكرة النضج والحبة أصغـــر ومحصولـــها أقل من المنغوزة وعامة فأن كيزان الذرة الصوانية أقل حجما ويتراوح عدد صفـــوف الحبوب فى الكيزان مابين ٦-٨ صفا واغلب استخداماتها هى بزراعتها فـــى دورات خاصة لغرض الشى أو تغذية الطيور.

٣- الذرة الحلوة (Zea mays saccharata (Sweet corn :وتتمـــيز بوجـــود اندوسبرم نشوى زجاجى القوام حلو المذاق وبها مادة قرنية منكمشة لتحول النشا بـــها الى جلوكوز عند جفافها وعندما تجف الحبة فإنها تبدو مجعدة من الخارج. وتســـتخدم الذرة الحلوة للأكل عندما تكون الحبوب فى مرحلة النضج العجينى المبكر مسـلوقة أو مشوية.

٤- الذرة الفشار (Zea mays everta (Pop corn :وحبوبها صغيرة الحجم تحتوى على نسبة مرتفعة من الاندوسبرم القرنى أكثر من الذرة الصوانية وأحسنها ما كـــان جميع الاندوسيرم فى حبوبها قرنيا وينفجر الاندوسبرم عند التسخين بســـبب خـــروج الرطوبة الكامنه داخلها مكونا الفشار.

٥- الذرة الدقيقة (النشوية) (Zea mays amylacea (Flour corn :وحبوبـــها غـــير



صورة رقم (٣) : الطرز الرئيسية لحبة الذرة

٦-الذرة الشمعية (Waxy corn) Zea mays ceratina: وتحتوى الحبوب على نوع خاص من النشا الصمغى الذى يقارب نشا التابيوكا (المستخرج من الكسافا) وهى تزرع لانتاج هذا النشا .

٧- الذرة الغلافية (المغطاه) (Pod corn) Zea mays tunicata: وتختلف عن الذرة العادية فى أن كل حبة فى الكوز تكون مغطاه بزوج من القنابع (الاغلفة) كما أن الكوز ايضا مغلف وليست لها أهمية اقتصادية ولكن قد تستخدم كنبات زينه .

وتجدر الاشارة الى أن اختلاف لون الحبة بين الابيض والأصفر والبرتقالى يرجع الى وجود عوامل وراثية سائدة تؤدى الى تكون الصبغة الملونه وعوامل متنحية تؤدى الى اللون الأبيض أو السمنى.

٣ - طرز آباء وعشائر الذرة

عادة ما يكون لدى مربى الذرة مخزونا مناسبا من التباين الوراثى لتحقيق تقدم من الانتخاب، والتباين الوراثى المتاح للمربى يكونْ من نوعين :-

أ- تباين وراثى حادث طبيعيا داخل العشائر عريضة القاعدة وذلك يشمل السلالات Races والمصادر الوراثية Accessions والأصناف المحلية Land race varieties والأصناف التركيبية المحسنة .

ب- تباين وراثى ناتج عن تهجين سلالات التربية الداخلية Inbred lines والنسل الإنعزالى الناتج إما عن التلقيح الذاتى أو التزاوج العشوائى.

وفى السنوات الأولى لاستنباط الذرة الهجين كانت الأصناف المحلية المتأقلمة هى الطرز الأولية للعشائر المستخدمة. فقد كانت عادة متباينة وراثيا بسبب حدوث التهجين الخلطى الطبيعى داخل كل منها وبينها وبين الأصناف الأخرى، فكان يبدأ فيها عمل التربية الداخلية والإنتخاب باستخدام عينات من النباتات المرغوبة داخل الأصناف المحلية وتحديد السلالات الممتازة elite lines التى ستدخل فى تكوين الهجن الزوجية. وقد كانت السلالات الأولى المستخدمة لانتاج الهجن التجارية محتوية على عيوب قيدت من إستخدامها. وأعيد أخذ عينات جديدة من الأصناف المحلية لتكوين سلالات أحسن ولكن كانت الطريقة بصفة عامة غير فعالة. وعندما كانت توجد سلالة أبوية غير مرغوبة بها نقص فى صفة واحدة وكانت هذه الصفه موجودة فى سلالة أخرى فقد كانت تستخدم طريقة التهجين الرجعى backcrossing لتحسين السلالة.

وقد حدد Bauman سنة ١٩٨١ العشائر المفضلة لدى مربى الذرة الحاليين فى استنباط السلالات كما ذكر Hallauer سنة ١٩٧٩ الأهمية النسبية لهذه العشائر المتوقعة فى المستقبل. وقد وجد أن مربى الذرة يفضلون حاليا العشائر ضيقة القاعدة الوراثية مثل الأصناف التركيبية الممتازة ذات القاعدة الوراثية المحدودة ، وعشائر الجيل الثانى F_2 للهجن الفردية الممتازة وعشائر التهجين الرجعى. ويتوقع أن نفس هذه الأنواع من العشائر سوف تحظى بنفس الإهتمام أو أكثر فى المستقبل وسوف تكون الأصناف المحلية مفتوحة التلقيح وعشائر الهجن الزوجية ذات أهمية أقل فى المستقبل كمصادر لسلالات التربية الداخلية.

ومنذ سنة ١٩٣٦ زاد بدرجة كبيرة استعمال طريقة الانتخاب المنسب pedigree selection فى عشائر الهجن الفردية وهجن التهجين الرجعى ونتج منها العديد من السلالات وحاليا فى الولايات المتحدة فان عدد السلالات الناتجة من الانتخاب المنسب فى عشائر الهجن والهجن الرجعية والأكثر استخداما لانتاج الهجن التجارية هى ٣٤ سلالة أما السلالات الناتجة من الصنف التركيبى Iowa Stiff Stalk فهى خمسة: B14 , B37, B73, B84 , N28 وسلالة واحدة فقط (K55) نشأت من الصنف مفتوح التلقيح Pride of Saline. ويتضح من ذلك أن الأصناف المحلية مفتوحة التلقيح التى كانت تستخدم كمصادر للسلالات قبل عام ١٩٣٦ أصبحت ذات أهمية قليلة فى برامج التربية الحديثة. كما نجد أنه على الأقل ٨٥٪ من مجهود تربية الذرة يشمل استخدام السلالات الممتازة elite inbred lines كآباء لعشائر التربية. وقد قدر Hallauer & Miranda سنة ١٩٨١ أن اكثر من واحد مليون سلالة قيمت فى هجنها الاختبارية ومع ذلك كان عدد السلالات الممتازة elite محدود جدا، وهذه يعاد استخدامها فى برامج انتخاب لأنها تسهم بصفات مرغوبة للمربين. وحاليا يركز المربون اهتمامهم بالسلالات الممتازة المتاحة ومحاولة تصحيح أضعف صفة بها من السلالات المتميزة فى هذه الصفة. ومن أمثلة هذه السلالات فى الولايات المتحدة فى السنوات الأخيرة هى C103 , B14 , A632 , M017 , B37 , Oh43 حيث تدخل هذه السلالات فى دورات لتصحيح الضعف الموجود بها وتقوية أداء وثبات هجنها.

٤- طرز الأصناف السابقة والحالية من الذرة :

لقد تغيرت طرز أصناف الذرة المتوفرة للمزارعين والمربين والوراثيين بدرجة سريعة خلال الـ ٦٠ عاما الماضية. ولأن الذرة محصول خلطى التلقيح فقد كان يتم اكثاره كأصناف مفتوحة التلقيح بواسطة المزارعين والمربين الأوائل. وكان كل صنف Cultivar عبارة عن تجميعة من الأفراد خليطة التراكيب الوراثية Hetero zygous وغير متجانسة Heterogeneous وبالرغم من انه كان يوجد عادة مدى من التباين داخل كل صنف فان كل صنف كان متميزا بالعديد من الصفات المختلفة.

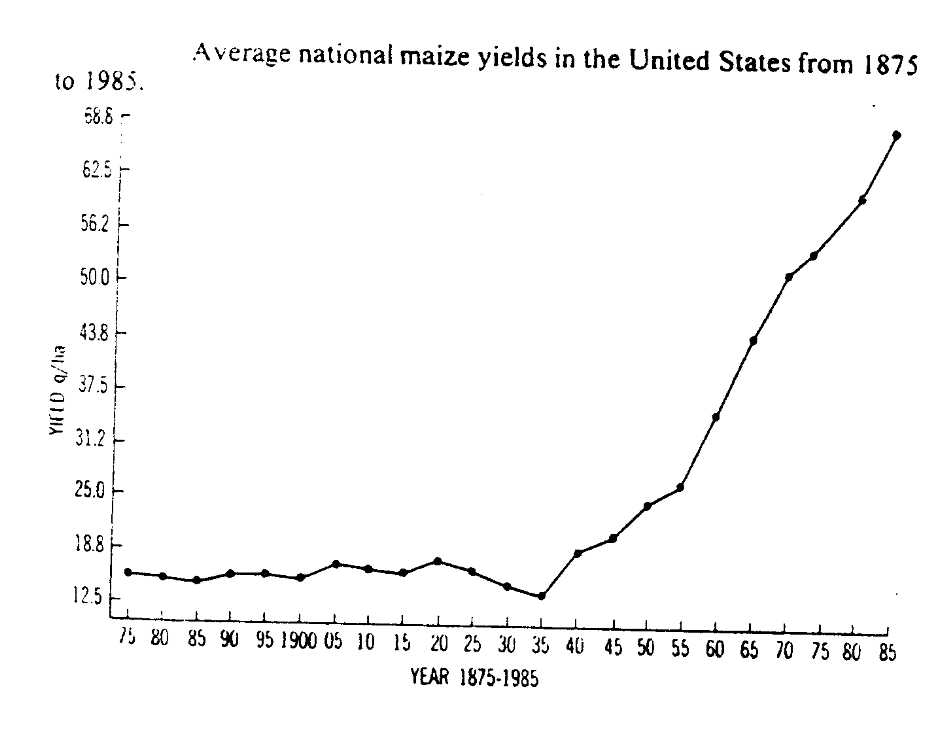
ويزرع الذرة من خط عرض ٥٨° شمالا الى ٤٠° جنوبا بدون أى اعاقة خلال المناطق المعتدلة وشبه الحارة والحارة ومن مستوى سطح البحر الى مستويات تزيد عن ٣٨٠٠ متر وفى مناطق بأقل من ٢٥سم معدل سقوط أمطار الى أكثر من ١٠٢٠سم. وبالتالى تكونت أصناف مختلفة كثيرة لكل مكان بيئى وكان للأنتخاب الطبيعى فى البيئات التى يزرع بها الأصناف دور فعال فى تطوير سلالات strains تتميز بمقاومتها للآفات وبأمكان انباتها ونموها فى درجات حرارة باردة عند الارتفاعات العالية وتتميز بتحملها للجفاف والحرارة ويمكنها النضج فى مواسم نمو قصيرة عند خطوط العرض الأعلى ومعظم هذه الصفات لها وراثة معقدة وأساسها الوراثى ما يزال غير مفهوما فى معظم الحالات. وقد تطورت الأصناف داخل كل موقع بيئى يجنب أنها تقابل احتياجات خاصة للمضارات المبكرة وقد تم ممارسة الانتخاب بواسطة الانسان أولا عن طريق الانتخاب المظهرى Visual selection بصفات اعتبرت هامة محليا مثل لون البذور وتركيبها Tex ture وفى الولايات المتحدة الأمريكية لعب كل من الانتخاب الطبيعى والصناعى أدوارا هامة فى تطوير الأصناف المحلية Landrace cultwiars التى كانت متوفرة عندما وصل الغزاه الأوربيين الى نصف الكرة الغربى.واثبتت التجميعات المكثفة لأصناف الذرة فى المنطقة عن وجود حوالى من ٢٥٠ الى ٣٠٠ سلالة races من الذرة.

وقد نشأت معظم المواد الوراثية للذرة فى الولايات المتحدة من السلالة الصوانية لحزام الذرة Corn belt dent التى تكونت بالتهجين المبكر بين الذرة المنغوزة الشمالية طويلة الكوز Long - eared Northern والذرة الصوانية الجنوبية البيضاء المتأخرة. والسلالة الصوانية لحزام الذرة هى سلالة حديثة نسبيا نتجت اساسا فى القرن التاسع عشر ولقد حدثت الهجن الطبيعية أو بفعل الانسان بين الذرة المنغوزة الشمالية والذرة الصوانية الجنوبية عندما توسع المحتلون على طول الشاطىء الشرقى وبداخل الجزء الشرقى لحزام الذرة للولايات المتحدة U. S. Corn Belt ونتج عن الانتخاب تكون أصناف متأقلمة لمناطق خاصة ،كما أن بعض

الأصناف مثل Reid Yellow Dent أصبحت واسعة الانتشار . ومع ذلك فانه حتى القرن التاسع عشر لم يكن متوفرا إلا فى الأصناف مفتوحة التلقيح فقط .

أن عدد الأصناف مفتوحة التلقيح المتوفرة فى الولايات المتحدة ليس معروفا على وجه التحديد ولسوء الحظ فان أصناف كثيرة قد فقدت ولم يكن محتفظا بها قبل أن ندرك بأنها كانت مصدرا للمواد الوراثية الهامة لبرامج التربية. ولقد صممت عمليات إنتخاب مكثفة بواسطة مزارعين وتجار بذور فرديين لتطوير أصناف خاصة كما أن الانتخاب داخل الأصناف مفتوحة التلقيح تنشط ايضا بواسطة إجراء مسابقات الذرة وأظهر ذلك أن الصفات الخاصة التى تم التركيز عليها كانت هى الصفات التى يتطلبها السباق للحصول على عدد أكبر من النقاط. وقد كان الانتخاب فعالا لمثل هذه الصفات ولكن الارتباط بين صفات متطلبات السباق ومحصول هذه الأصناف كان أقل ما يمكن (هالاوار وميراندا سنة ١٩٨١).

وبالرغم من اجراء الانتخاب المكثف داخل الأصناف مفتوحة التلقيح فى الولايات المتحدة خلال القرن التاسع عشر وأول عقدين من القرن العشرين إلاأن التحسين فى المحصول كان قليلا (صورة رقم ٤).



صورة رقم (٤): متوسط المحصول الوطنى للذره فى الولايات المتحدة الأمريكية من سنة ١٨٧٥ حتى ١٩٨٥

وفى خلال الثلاثينات كان هناك تغير هائل فى طرز الأصناف المتاحة لمزارعى الولايات المتحدة، فبناء على الدراسات التى قام بها Shull سنة١٩٠٩ واقتراح جونز سنة ١٩١٨ فقد تبلورت فكرة الصنف الهجين واستغلت فى انتاج الهجن الزوجية. وقد نتج عن إحلال الهجن الزوجية محل الأصناف المحلية مفتوحة التلقيح حدوث تقدم سريع فى الإنتاجية (صورة رقم٤) وقد تميزت الهجن الزوجية بمحصول اكبر وثبات اكبر للمحصول كما أن النباتات كانت أقل رقادا وتميزت بنضج اكثر تجانسا عن الأصناف مفتوحة التلقيح. وبحلول عام ١٩٤٥ كان ما يقرب من ١٠٠٪ من مساحة الذرة فى ولايتى الينوى وأيوا منزرعة بالهجن الزوجية. كما انه بحلول عام ١٩٦٠ استخدمت هذه الهجن الزوجية فى كل انتاج الذرة بالولايات المتحدة. وقد تسيدت فكرة الصنف الهجين برامج تربية الذرة بعد العشرينات انتشرت خبرة الولايات المتحدة بالهجن الزوجية بسرعة فى الدول المتقدمة الأخرى، وفى خلال الستينات كانت طرق مقاومة الآفات وتقنيات الانتاج متاحة لتسمح بالاستعمال التجارى للهجين الفردية. ومنذ الستينات فقد حلت الهجن الفردية بسرعة محل الهجن الزوجية فى الولايات المتحدة. ويقدر الآن انه ما يقرب من ٩٠٪ من هجن الذرة المنزرعة حاليا فى الولايات المتحدة هى هجين فردية .

وفى مناطق انتاج الذرة المتطورة الأخرى من العالم تتسيد الهجن بالرغم من ان الهجن الزوجية أو الهجن الثلاثية هى الأكثر انتشارا من الهجن الفردية. ويعتمد التوسع فى استعمال الهجن فى البلاد الأخرى على تطوير الخدمات الضرورية المدعمة لإنتاج وتوزيع بذور ذات جودة عالية مناسبة. وفى المناطق الأقل تطورا فإن الأصناف مفتوحة التلقيح المحسنة لازالت تستعمل بالرغم من ان الأصناف التركيبية متاحة. ومع ذلك يبدو ان نوع ما من الهجن سوف يستخدم فى كل المناطق المنتجة للذرة فى المستقبل القريب.

الأصناف السابقة والحالية من الذرة فى مصر

ان تاريخ زراعة الذرة فى مصر غير معروف على وجه التحديد غير انه يمكن القول بصفة عامة أنه بدأت زراعتها فى أواخر القرن السادس عشر أو أوائل القرن السابع عشر فى مساحات صغيرة لغرض الشى أو سلق الكيزان. ويرجع الفضل فى انتشار زراعتها فى مصر الى عهد محمد على باشا الكبير حيث استورد عدة اصناف منها لإختبارها محليا كما وصلت بعض هذه الأصناف من بلاد الشام وربما كان ذلك سببا فى اطلاق اسم الذرة الشامية عليها. كذلك يحتمل أن يكون قد ادخل بعض الأصناف من تركيا بعد الفتح العثمانى فى أواخر القرن السادس عشر. وقد عرف المزارعون أصناف زراعته منذ ذلك الحين وسميت بالنسبة للأقاليم التى كانت تزرع بها مثل صنف بلدى فيومى نسبة الى الفيوم وناب الجمل وهو يشبه

Hickory King الأمريكي والصنف سنطه نسبة الى السنطه ومنيلاوى نسبة الى جزيرة منيل الروضة ، كما سميت الأصناف ايضا بالنسبة للون حبوبها مثل بلدى أبيض وبلدى أصفر وبالنسبة لشكل الحبوب مثل ناب الجمل والعبيطة...الخ ومن أسماء الأصناف الأخرى التى كانت منتشرة قديما : المنياوى – الفلاحى – البرانى – المورالى – السيوى – السبعينى النوبارى – البوشى – الكرملة– المانايوش...الخ. وقد كانت هذه الأصناف المحلية هى الأصناف شائعة الاستعمال بين الزراع وتغطى جميع المساحة المخصصة لهذا المحصول والتى بلغت فى المتوسط آنذاك نحو ٤و١ مليون فدان ولم يتجاوز متوسط محصول الفدان آنذاك ستة أرادب.

وقد بدأت أولى المحاولات لتحسين تلك الأصناف المحلية والتى يطلق عليها اسم الأصناف البلدية بصفة عامة فى بداية هذا القرن بعد انشاء قسم تربية النباتات بوزارة الزراعة المصرية حيث امكن لفرع بحوث الذرة انتخاب صنف ناب الجمل المحسن من بين تلك الأصناف البلدية ثم الصنف جيزة بلدى فى عام ١٩٢٤ بواسطة التهجين بين الأصناف البلدية والأصناف الطليانية. وفى عام ١٩٢٩ استنبط الصنف أمريكانى بدرى من بين الأصناف المستوردة وأصله الصنف Boone County White وهو من مقاطعة بون بولاية أيوا الأمريكية.

ولقد تأثرت مصر كغيرها من البلاد الأوربية بالتطوير السريع فى بحوث الذرة واستخدام الهجن فى الزراعة لتحل محل الأصناف المتداولة محليا بين الزراع، ففى عام ١٩٣٥ بدأت أولى المحاولات للاستفادة من ظاهرة قوة الهجين فى رفع مستوى الانتاج وأمكن انتاج أول هجيين فرديين (هجين فردى ١٤ ، ١٥) من سلالات استنبطت بالتلقيح الذاتى المتتالى لمدة ١١ سنة سابقة.

ونظرا لقلة مصادر عزل السلالات فى ذلك الوقت والتى انحصرت غالبا فى مصدرين اساسيين هما صنفى الأمريكانى بدرى والجيزة بلدى فقد كانت كل تكوينات الهجن الفردية محدودة. هذا بالاضافة الى اجراء بعض تكوينات من الهجن الصنفية بين أصناف بيضاء وصفراء وحمراء الحبوب للاغراض الوراثية. ويظهر ذلك واضحا من أن تركيب الهجين الفردى ١٤ هو سلالة ٤ x سلالة ٦ والسلالة ٤ من الأصل أمريكانى بدرى والسلالة ٦ من الأصل جيزة بلدى كما كان الهجين الفردى ١٥ مركبا من السلالة ٥ من الأصل الأمريكانى بدرى x السلالة ٦ من الأصل جيزة بلدى أيضا ولكن لم تزد مساحة انتاج الهجين الفردى ١٤ والهجين الفردى ١٥ عن فدانين بالجيزة فى سنة ١٩٣٩.

وفى عام ١٩٤٠ بدىء فى تكوين بعض الهجن الزوجية وكان أهمها هجين زوجى ٦ ، ١٨. ولقد كان لقيام الحرب العالمية الثانية (١٩٣٩- ١٩٤٥) أثرها الكبير فى انقطاع التعاون بين مصر والبلاد الأخرى مما أثر بدوره على عدم متابعة التقدم العلمى فى امريكا خاصة فى مجال الاستفادة من ظاهرة قوة الهجين هذا بالاضافة الى قلة عدد العاملين فى مجال تربية واستنباط الأصناف والهجن فى مصر والذى لم يتجاوز أربعة افراد فى ذلك الوقت. وتعتبر هذه الحقبة من التاريخ ولو أنها واكبت التطورات الأولية للبحوث فى امريكا الا انها تميزت بعدم وجود سياسة صنفية محددة الأهداف وان كل المحاولات كانت ذات اثر محدود نظرا لضآلة كميات التقاوى المنتجة من الأصناف بصفة خاصة وكذلك ندرة كميات التقاوى المنتجة من الهجن الفردية والزوجية فلم تؤثر كثيرا فى مستوى الانتاج الذى بقى على حاله فى حدود ٦,٥ أردب للفدان. ولقد تركزت أهداف هذه الحقبة من الزمن فى محاولة استنباط اصناف عالية الانتاج والعمل على زيادة كميات التقاوى المنتجة منها سنويا بحيث تحل محل الأصناف البلدية ضعيفة الانتاجية تدريجيا آخذا فى الاعتبار انه من الممكن للمزارع حجز تقاوى منها فى حقولهم لزراعتها فى الموسم التالى وهكذا.

واعتبارا من عام ١٩٥٣ بدأ تنفيذ مشروع للنهوض بهذا المحصول عن طريق التوسع فى الذرة الهجين لتحل محل الأصناف البلدية بجانب الأصناف المستنبطة. وكان من نتيجة هذا الاتجاه استنباط ثمانية سلالات نقية من عدة مصادر مختلفة بالاضافة الى عدد ١١ سلالة أخرى وامكن تكوين عدة هجين زوجية فيما بينها وكان أهمها هجين زوجى ٥١ فى عام ١٩٥٤ ثم هجين زوجى ٦٧ ، ١١٠ فى عام ١٩٦٠ وهجين زوجى ١٨٦ فى عام ١٩٦٥ وهجين زوجى ١٧ع فى عام ١٩٦٦.

ولقد اثبتت الهجن الزوجية السابقة قدرتها الفائقة فى رفع مستوى الانتاج وبدأ الزراع فى ادراك أهمية استخدامها وزادت المساحة المنزرعة منها من ١,٥٪ من جملة المساحة المنزرعة بالذرة عام ١٩٥٤ الى أن بلغت نحو ١٣٪ من جملة المساحة عام ١٩٧٢. وبينما كان برنامج انتاج الهجن الزوجية فى طريقة المطرد النجاح إذ فوجىء المربين فى نهاية الخمسينيات وأوائل الستينات بظهور مرض جديد يصيب نباتات الذرة عرف بعد ذلك بمرض الذبول المتأخر المتسبب عن فطر Cephalosporium maydis مما تسبب عن أضرارا بالغة للمحصول حيث بلغت نسبة الاصابة فى الهجن الزوجية التى جرى توزيعها فى ذلك الوقت نحو ١٠٠٪ مما أدى الى عزوف المزارعين عن استخدام هذه الهجن عاما بعد أخر منذ ١٩٦٠. وترتيبا على ذلك تريث مربى الذرة فى نشر تقاوى الهجن واضعين نصب أعينهم أهمية توفر صفة المقاومة للمرض بجانب التفوق فى المحصول والصفات الزراعية الأخرى.

وكان من نتيجة ذلك عام ١٩٧٠ أن استنبطت عدة هجن صنفية مثل هجين صنفى ٦٩ ، ٨٠ وتمتازان بوفرة محصولهما علاوة على مقاومتهما للمرض كما أمكن استنباط صنف شدوان ٣ كما استنبط هجين زوجي ٣٥٥ ، ٣٥٩ وفى عام ١٩٧٢ استنبط الهجين الزوجى ١٩ والصنف المركب ١٠٨.

وكان الهدف الأساسى فى فترة السبعينات هو ملاحقة التغلب على المرض وسد الثغرة التى نشأت عن احجام الزراع على استخدام الهجن. ولم تدم هذه الفترة مدة طويلة حتى امكن للمربى من تخطى هذه العقبة واستنبطت بعد ذلك العديد من الهجن والأصناف العالية المحصول والمقاومة للمرض بحيث اخذت تقاويها فى الانتشار واقبال الزراع على استعمالها. وترجع اهم أسباب عدم انتشار الهجن الصنفية وغيرها من الأصناف والهجن الزوجية المقاومة للمرض المستنبطة فى أوائل السبعينات الى عدة مشاكل منها كبر حجم النباتات ووضع الكيزان المرتفع على النبات بالاضافة الى صعوبة تجديد التقاوى سنويا والاحتياج الى معدلات تسميد أزوتى مرتفعة. وبالنسبة للصنف أمريكانى بدرى فقد توقف انتاجه وتوزيع تقاويه منذ عام ١٩٧٦. حيث اخذت المساحات التى تزرع منه فى النقص التدريجى منذ عام ١٩٧٤.

وتهدف ملامح السياسة الصنفية فى الوقت الحالى خاصة بعد ارتفاع مستوى وعى الزراع وازدياد كفاءة الإرشاد الزراعى وربطه برجال البحث الى نشر الهجن الفردية والهجن الثلاثية خصوصا بعدما امكن نشر زراعة الصنف التركيبى عالى الانتاج "جيزة -٢" الذى لقى اقبالا من المزارعين منذ بدء توزيعه فى عام ١٩٨٠ وبذلك يتيسر امام الزراع على اختلاف قدراتهم مجموعة من الهجن لاختيار ما يناسبهم منها من الناحية الاقتصادية. والأمل كبير فى ان تسود فى المستقبل القريب والبعيد زراعة الذرة فى مصر بالهجن الفردية لتفوقها بدرجة كبيرة فى المحصول بحيث يعتبر الهجين الفردى افضل أنواع الهجن بالنسبة لانتاجيته وتماثل الصفات، يليه الهجين الثلاثى ثم الهجين الزوجى. ولا يغيب عن الذهن ان انتاج الهجن الفردية يتطلب امكانيات اقتصادية وفنية اكبر من الهجين الثلاثى ومن الهجين الزوجى، واقل الانواع تكلفة فى الانتاج هى الأصناف مفتوحة التقليح.

واهم الهجن التى تم اعداد تقاوى منها للزراع خلال الاعوام القليلة الماضية هى الهجن الفردية ١٠ ، ٩ ، والهجن الثلاثية ٣١٠ ، ٣٢٠ ، والأمل كبير خاصة فيما بدى من تهافت الزراع على استعمال الهجن الفردية والثلاثية فى الزراعة ان يتمكن العاملون فى هذا المجال من توفير ما يكفى لتغطية مالايقل عن ٣/٤ مساحة الذرة فى مصر بالهجن الفردية والثلاثية (جدول رقم ٢) وان يغطى الصنف جيزة -٢ باقى المساحة على ان يتم التوسع فى الهجن

جدول (٢) الهجن الفردية والثلاثية المصرية التى استنبطها قسم بحوث الذرة بمعهد بحوث المحاصيل الحقلية التابع لمركز البحوث الزراعية وتم اعداد تقاوى منها خلال السنوات الأخيرة

هجن بيضاء		هجن صفراء	
الاسم	السلالات الآباء	الاسم	السلالات الآباء
هجن فردية :		هجن فردية :	
هجين فردى ٩	سدس ٧ × سدس ٦٢	هجين فردى ١٥١	٦٣٠ × ٦١٤
هجين فردى ١٠	سدس ٧ × سدس ٦٣	هجين فردى ١٥٢	٦٣٨ × ٦١٤
هجين فردى ١٠٣	سدس ٧ × سدس ٣٤	هجين فردى ١٥٣	٦٣٧ × ٦١٤
هجين فردى ١٢٠	سدس ٦٣ × سدس ٣٤	هجين فردى ١٥٤	٦٤٢ × ٦١٤
هجين فردى ١٢١	سدس ٧٩ × سدس ٨٦	هجين فردى ١٥٥	١٠٠٢ × ١٢١
هجين فردى ١٢٢	سدس ٦٢٨ × سدس ٦٠٣	هجين فردى ١٥٦	٦٣٩ × ٦١٤
هجين فردى ١٢٣	سدس ٦٢٨ × سدس ٦٠٢	هجين فردى ١٥٧	٦٤٤ × ٦١٤
هجين فردى ١٢٤	سدس ٦٢٩ × سدس ٦٠٣	هجين فردى ١٥٨	٦٤٩ × ٦١٤
هجين فردى ١٢٥	سدس ٦٢٥ × سدس ٦٠٣	هجين فردى ١٥٩	٦٥٠ × ٦١٤
هجين فردى ١٢٦	سدس ٦١٢ × سدس ٦٢٦	هجين فردى ١٦٠	٦٤٩ × ٦١٧
هجين فردى ١٢٧	سدس ٦٢٣ × سدس ٦١٣	هجين فردى ١٦١	٦٥٠ × ٦١٧
هجين فردى ١٢٨	سدس ٦١٣ × سدس ٦٢٨	هجين فردى ١٧٣	١٢١ × سخا ٧٣
هجين فردى ١٢٩	سدس ٦١٢ × سدس ٦٢٨	هجين فردى ٥١	١٠٠١ × ١٠٠٤
هجين فردى ٢١	سدس ٢ × سدس ٦٣	هجين فردى ٥٢	١٠٠٢ × ١٠٠٤
هجين فردى ٢٣	سدس ٤ × سدس ٦٣		
هجين فردى ٢٤	سدس ١٨ × سدس ٦٣		
هجن ثلاثية :		هجن ثلاثية :	
هجين ثلاثى ٣١٠	هـ.ف ١٠ × سدس ٣٤	هجين ثلاثى ٣٥١	هـ.ف ٣٥١ × ١٢١
هجين ثلاثى ٣٢٠	هـ.ف ١٢٠ × سدس ٧	هجين ثلاثى ٣٥٢	هـ.ف ٣٥٢ × ١٢١
هجين ثلاثى ٣٢١	هـ.ف ٢١ × سدس ٧		
هجين ثلاثى ٣٢٢	هـ.ف ٢٢ × سدس ٧		
هجين ثلاثى ٣٢٣	هـ.ف ٢٣ × سدس ٧		
هجين ثلاثى ٣٢٤	هـ.ف ٢٤ × سدس ٧		

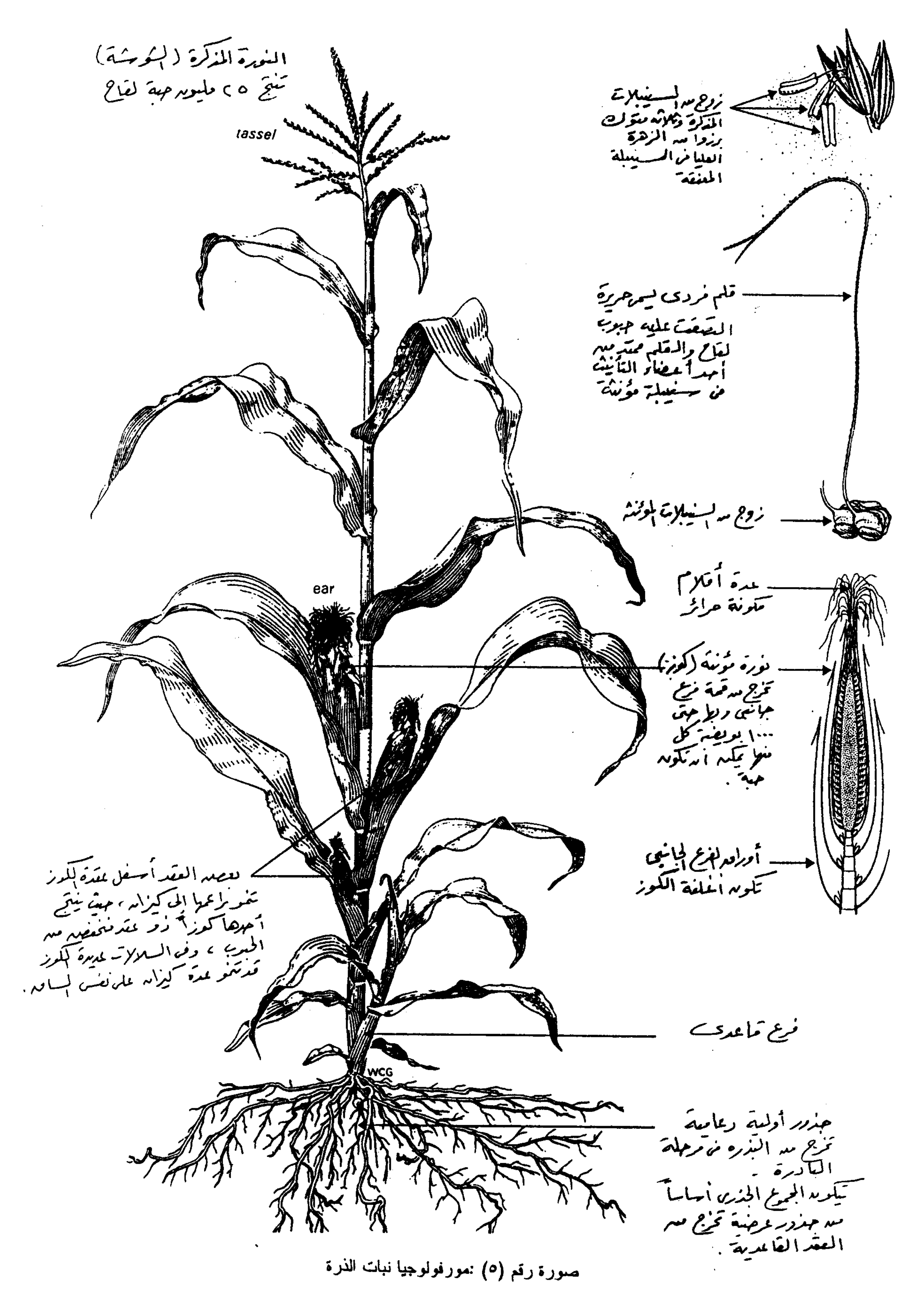
الفردية والثلاثية تدريجيا لتعم جميع مساحة الذرة فى مصر والتى تبلغ نحو ١,٩مليون فدان فى الوقت الحالى.

وبجانب وزارة الزراعة تقوم حاليا بعض الشركات والهيئات الأخرى مثل شركة مصر بيونير وشركة دانتون والشركة الوطنية للتقاوى وشركة النيل وشركة هاى تك وشركة الفؤاد وهيئة الاصلاح الزراعى والجمعية التعاونية المركزية والشركة الزراعية المصرية بانتاج تقاوى الوزارة أو بانتاج تقاويها الخاصة ومن أهم الأصناف التى تنتجها هجين فردى كليوباترا وهجين زوجى طابا وفتاح وآمون، كذلك تقوم الجامعات المصرية باستنباط الأصناف المحسنة من الذرة بجانب بحوثها الأكاديمية ومن أهم الأصناف التى لاقت رواجا فى السوق المصرية الصنف التركيبى قاهرة - ١ الذى استنبطه قسم المحاصيل بكلية الزراعة جامعة القاهرة .

٥- طريقة التكاثر فى الذرة .

ان فهم طرق تربية الذرة يعتمد على معرفة طريقة تلقيح الذرة وتأثيرات طريقة التلقيح على التركيب الوراثى لنباتات الذرة. والذرة نبات وحيد المسكن monoecious ذو ازهار مذكرة ومؤنثة موجودة على نفس النبات ، حيث تقع الأزهار المذكرة فى الشوشة Tassel عند قمة النباتات وتقع الأزهار المؤنثة فى الكوز Ear عند حوالى منتصف الساق (صورة رقم ٥) ولأن الذرة لها ازهار مذكرة وازهار مؤنثة منفصلين عن بعضهما فان التلقيح الخلطى هو الطريقة العادية للتكاثر، حيث تنتشر حبوب اللقاح بواسطة تيارات الهواء. ويقدر أنه تحت الظروف الطبيعية تكون نسبة التلقيح الخلطى اكبر من ٩٩٪. وتنضج الأزهار المذكرة عادة قبل الأزهار المؤنثة ويعتمد الفرق فى موعد نضج الأزهار المذكرة والمؤنثة على التراكيب الوراثية والظروف البيئية عند وقت التزهير. وتسرع ظروف التقسيه المتسببه عن الحر والجفاف من نضج الأزهار المذكرة وتؤخر من نضج الأزهار المؤنثة. وفى ظروف الارتفاع الشديد لدرجات الحرارة حتى حوالى ٣٥ الى ٤٠°م والنقص الشديد للرطوبة فان الأزهار المذكرة قد لا تنتج جاميطات خصبة والأزهار المؤنثة قد لا تظهرحرائرها لكى يحدث التلقيح. وعادة ما يسمى تلف الأزهار المذكرة الناتج عن التقسيه البيئية بلفحة الشوشة Tassel blasting كما يؤدى تلف الأزهار المؤنثة الى حدوث تدكير Barrenness للنباتات.

وعندما تنضج الأزهار المذكرة تبرز المتوك من السنيبلات المذكرة على الشوشة وتنتشر حبوب اللقاح من خلال ثقب موجود عند نهاية المتك ويبدأ بروز المتوك عادة من منطقة على الشوشة تبعد بمسافة قصيرة عن قمتها ، ويستمر بروز المتوك من السنلات المذكره



صورة رقم (٥) :مورفولوجيا نبات الذرة

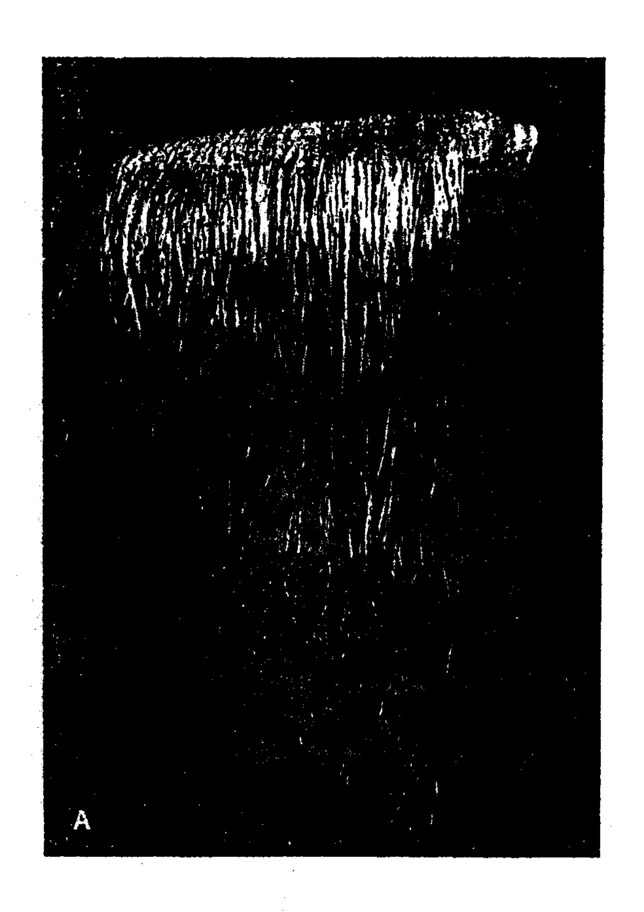
الموجودة أعلى وأسفل الشوشة كلما زادت فى النضج. هذا وقد تنتثر حبوب اللقاح من المتك فى عدة دقائق قليلة فقط أو قد يأخذ ذلك فترة اكبر حسب التركيب الوراثى للنبات والظروف البيئية.

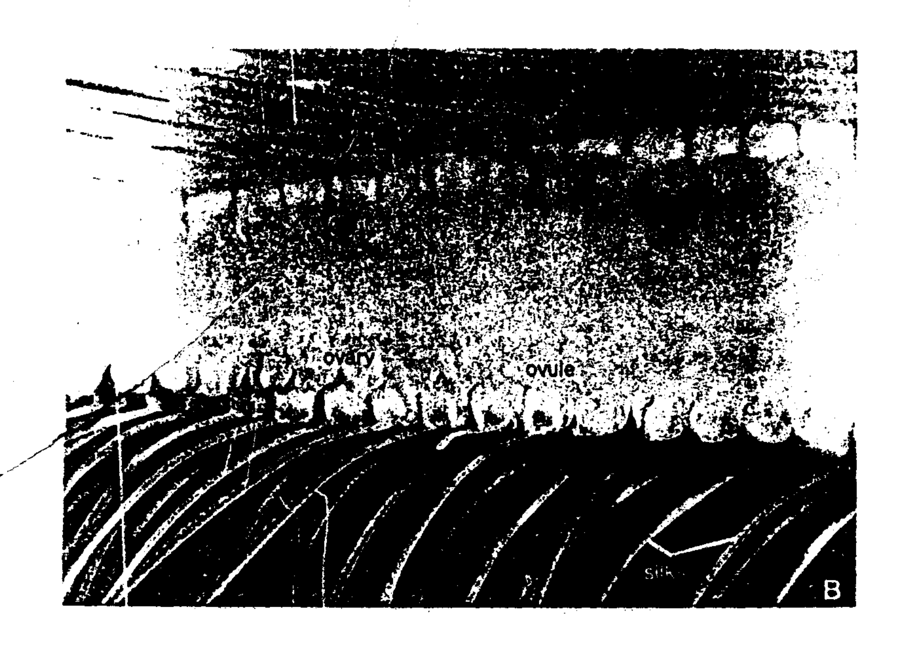
وربما يحدث انتثار حبوب اللقاح من الشوشة خلال يوم أو يومين فقط أو قد يستمر فترة تصل أسبوعا أو أكثر حسب التركيب الوراثى والبيئة. ويتوقف عدد حبوب اللقاح المنتثر بواسطة شوشة واحدة على التركيب الوراثى للنبات وقوته vigor وتنثر الهجن حبوب لقاح اكثر ولفترة أطول بالمقارنه بسلالات التربية الداخلية. وقد قدر أن الشوشة الواحدة تنتج ما يقرب من ٢٥,٠٠٠,٠٠٠ حبة لقاح أو بمتوسط ٢٥,٠٠٠ حبة لقاح لكل جاميطة مؤنثة فى بيئة عادية على كل كوز يحمل بين ٨٠٠ الى ١٠٠٠ حبة. ويختلف وقت نثر اللقاح أثناء اليوم حسب التراكيب الوراثية والظروف البيئية، فقد يبدأ النثر بعد ٣ساعات من سطوع الشمس فى الأيام الدافئة التى لا يحدث بها ندى ويستمر لمدة ١-٣ ساعات. ولكن لو كانت درجات حرارة الصباح باردة فان نثر حبوب اللقاح يتأخر حتى منتصف النهار ويستمر طوال فترة العصر. وبعد انتثار وتحرر حبوب اللقاح فانها تظل حية لدقائق قليلة فقط تحت ظروف الحر الشديد أو الجفاف ، ولكن تحت الظروف المناسبة فان حبوب اللقاح تحافظ على حيويتها لمدة من ١٢ الى ١٨ ساعة.

والريح الحارة الجافة ربما تضر الشوشة بحيث تجعلها لا تنثر حبوب لقاحها أو قد تقلل من رطوبة الحريره بحيث تجعل حبوب اللقاح غير قادرة على الانبات أو لو انبتت فانها تفشل فى الاحتفاظ بنمو الانبوبة اللقاحية. ويمكن الاحتفاظ بحبوب اللقاح حية لمدة اسبوع الى عشرة أيام بتجميع النورات المذكرة قبل نثر حبوب اللقاح مباشرة وتخزينها فى الثلاجة.

وللذرة القدرة على انتاج اكثر من نورة مؤنثة (كوز) على النبات الواحد(صورة رقم ٥) . ويختلف عدد كيزان النبات حسب الأصناف وبسبب الانتخاب فى الماضى فان الكوز العلوى عادة ما يقع عند العقدة السادسة أو السابعة تحت الشوشة فى أصناف حزام الذرة بالولايات المتحدة الأمريكية. ويوجد برعم ابطى عند كل عقدة تحت الكوز العلوى ومن ثم تتواجد القدرة لتكوين كوز عند كل عقدة تحت الكوز العلوى. وبالرغم من أن الانتخاب لتكوين كوز واحد فقط على النبات قد تراجع فى السنين الأخيرة فان تكوين الكوز عادة ما يحدث عند أعلى عقدتين أو ثلاثة حاملين للكيزان.

ويشمل الكوز على تركيبين مرئين : (أ) أوراق محوره تسمى عادة أغلفة الكوز Husks والتى تحيط بقولحة الكوز Cob , (ب) الحرائر التى تظهر من نهاية القولحة والأغلفة (صورة رقم٥، ٦). وهذه الحرائر تقوم بوظائف المياسم حيث يخصص ميسم لكل





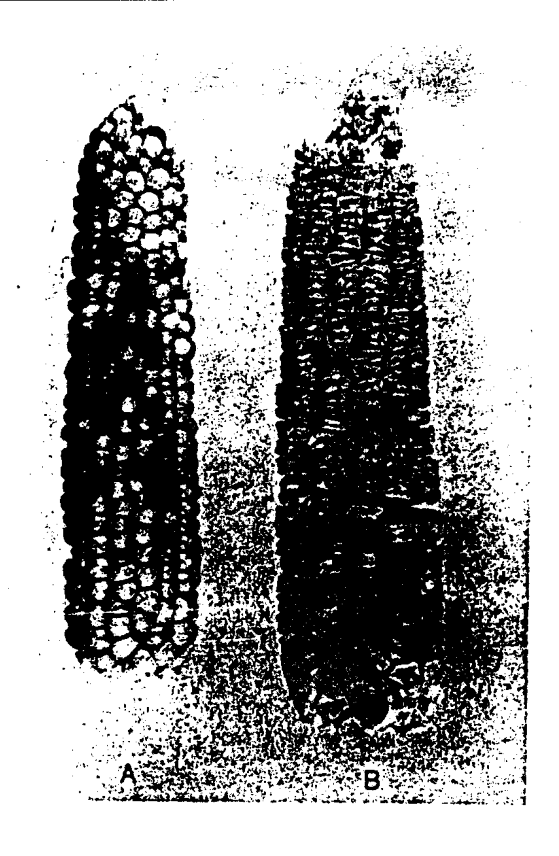
صورة رقم (٦) :كوز ذرة (A) بأغلفة منزوعة وحريرة متصلة بقمة مبيض والحريره الحديثة مستعدة للتلقيح على امتداد طولها . (B) قطاع طولى فى كوز يظهر المبأيض المتصلة بالحرا ير

حبه ذره سوف تتكون مستقبلا. ويبدأ ظهور حرائر قاعدة الكوز ثم يتوالى ظهور حرائر المناطق الأعلى بالتدريج حتى قمة الكوز وعادة ما يكون ظهور الحرائر متأخرا عن نثر حبوب اللقاح وتعتمد الفترة بين انتثار حبوب اللقاح وظهور الحرائر على الصنف وظروف البيئة فى مرحلة التزهير. ولو كان النبات يحمل أكثر من كوز فان حرائر الكوز العلوى تظهر مبكرا فى العادة عن حرائر الكوز الثانى أو الثالث بفترة تتراوح من عدة ساعات الى يوم أو يومين. وتحت الظروف المناسبة من درجات الحرارة والرطوبة المرتفعة فان ظهور الحريرة قد يكتمل فى يومين الى ثلاثة أيام ويكون متزامنا مع انتثار حبوب اللقاح. وتحت ظروف التقسيه الشديدة من درجات الحرارة المرتفعة من ٣٥ - ٤٠°م والنقص الشديد فى الرطوبة فان نمو الحريرة قد يتوقف ولا تصبح متاحة للاخصاب فى وقت انتثار اللقاح ولو كانت ظروف انتاج جاميطات حية مذكرة ومؤنثة غير مناسبة فأن الكوز الناضج قد لا يحمل أية حبوب أو قد يحمل عدة بذور متفرقة.

أن عقد البذور الردىء قد يكون راجعا الى أن حبوب اللقاح أو الحرائر غير حية أو الى التزامن الردىء Poor synchronization لفترة انتثار اللقاح مع فترة ظهور الحرائر. وتحت ظروف الحقل الطبيعية فان الاخصاب يتم بواسطة التلقيح العشوائى لأن حبوب اللقاح تنتثر بواسطة تيارات الرياح ، فتتلامس حبوب اللقاح مع الحرائر وتنبت متجهة لأسفل الأقلام وتتحد مع الجاميطات المؤنثة وينتج عن الاخصاب المزدوج Double fertilization فى الكيس الجينى تكون جنين البذره (2n = 2o) والاندوسيرم (3n = 30). والذرة التى يتم اكثارها من حبة ناتجة بواسطة التلقيح العشوائى (غير المتحكم فيه) عادة ما تسمى الذرة مفتوحة التلقيح Open - pollinated corn.

الزينيا Xenia :

الزينيا هى التأثير المباشر لحبة اللقاح على الحبة المتكونه (صورة رقم ٧) ، فعندما تخصب حبة لقاح لذرة صفراء بويضة ذره بيضاء فانه يتكون حبه ذات لون أصفر فاتح وعندما تخصب حبة لقاح لذرة بيضاء بويضة ذرة صفراء فانه يتكون حبه لونها أصفر وسط. وتنتج هذه الظاهرة لأن اللون الأصفر يوجد فقط النشا القرنى الخاص بالاندوسبرم والذى يمكن ملاحظته عند قطع حبة ذرة صفراء مقطعا طوليا. ويتكون الاندوسبرم من اتحاد الجرثومة المذكرة الثانية مع النوايين القطبيتين وبالتالى يحتوى الاندوسبرم على عدد كروموسومى ثلاثى المجموعة Triploid. ويتحكم فى لون الاندوسبرم الأصفر جين واحد سائد (Y) وتؤدى العوامل المتنحية (yy) الى انتاج اندوسيرم أبيض ونظرا لأن الاندوسبرم يستقبل مجموعتين من الكروموسومات من النوايات القطبية فانه بالتالى سوف يستقبل جينين بالنسبة لـ



صورة رقم ٧ : الزينيا فى الذرة . (A) ذرة بيضاء تلقحت جزئيا من ذرة بنفسيجية (B) ذرة بيضاء ذات اندوسبرم سكرى تلقحت جزئيا من ذرة بيضاء وبنفسيجية وذات اندوسبرم غير سكرى .

Y أو y معتمدا فى ذلك على صفة النبات الأم وجين واحد بالنسبة لــ Y أو y من حبة اللقاح وبالتالى

فان التوافيق الممكنة لجينات لون الاندوسبرم من حبة اللقاح وتأثير الزينيا على لون الاندوسبرم للحبة المتكونه أعطيت فى جدول رقم (٣) وتظهر صفات اندوسبرميه أخرى كثيره تأثيرات الزينيا فى الذرة وبعض هذه الصفات هى الاندوسبيرم النشوى مقابل الاندوسيرم السكرى والاندوسيرم المجعد مقابل غير المجعد والاندوسيرم الشمعى مقابل غير الشمعى.

جدول رقم ٣: جينات لون الاندوسيرم وتأثير الزينيا فى الاندوسيرم

جينات لون الاندوسبرم فى النويتان القطبيتان		جينات لون الاندوسبرم فى الجرثومة المذكرة		جينات لون الاندوسبرم وتأثير الزينيا فى الاندوسبرم
YY	+	Y	=	YYY (اصفر غامق)
YY	+	Y	=	YYy (أصفر وسط)
yy	+	Y	=	Yyy (أصفر فاتح)
yy	+	y	=	yyy (أبيض)

٦- طرق التهجين الصناعى والتلقيح الذاتى الصناعى

Procedures for artificial hybridization and self - pollinatian

لأن الذرة نبات وحيد المسكن monoecious وخلطى التلقيح فى الطبيعة فانه من السهل نسبيا انتاج بذوره بالتهجين الصناعى والتلقيح الذاتى الصناعى. والعقبة الأساسية فى التهجين الصناعى هى عدم التزامن فى مواعيد نضج الأزهار المذكرة والمؤنثة فى الأبوين الذين سوف يهجنان ويتم التغلب على ذلك عادة عن طريق استخدام مواعيد زراعة (عروات) مختلفة للأباء، فلو أن أب يزهر عشرة أيام مبكرا عن الأب الأخر فان الأب الذى يزهر مبكرا يمكن تأخير زراعته. وتساعد الخبره والمعرفة الجيدة للمواد الوراثية فى تحديد مواعيد الزراعة المناسبة واذا لم تستخدم مواعيد زراعة مختلفة فان التزهير يمكن أيضا اما تأخيره أو اسراعه باستعمال بعض المعاملات مثل التسميد وتغيير الفترة الضوئية day length .

كذلك فإنه فى بعض الدول البارده من الصعب زراعة الذره فى فصل الشتاء ، فيلجأ المربون فى هذه الدول الى زراعة الذره فى الصوب الزجاجية المدفأة والتى يتم تزويدها بالاضاءة الصناعية لتوفير الفترة الضوئيه المناسبة لدفع النباتات للتزهير ، وقد أمكن باستعمال هذه الصوب زراعة جيل إضافى من الذرة فى فصل الشتاء ويقلل هذا من عدد السنوات المطلوبة لاستنباط هجين جديد (صورة رقم ٨) .

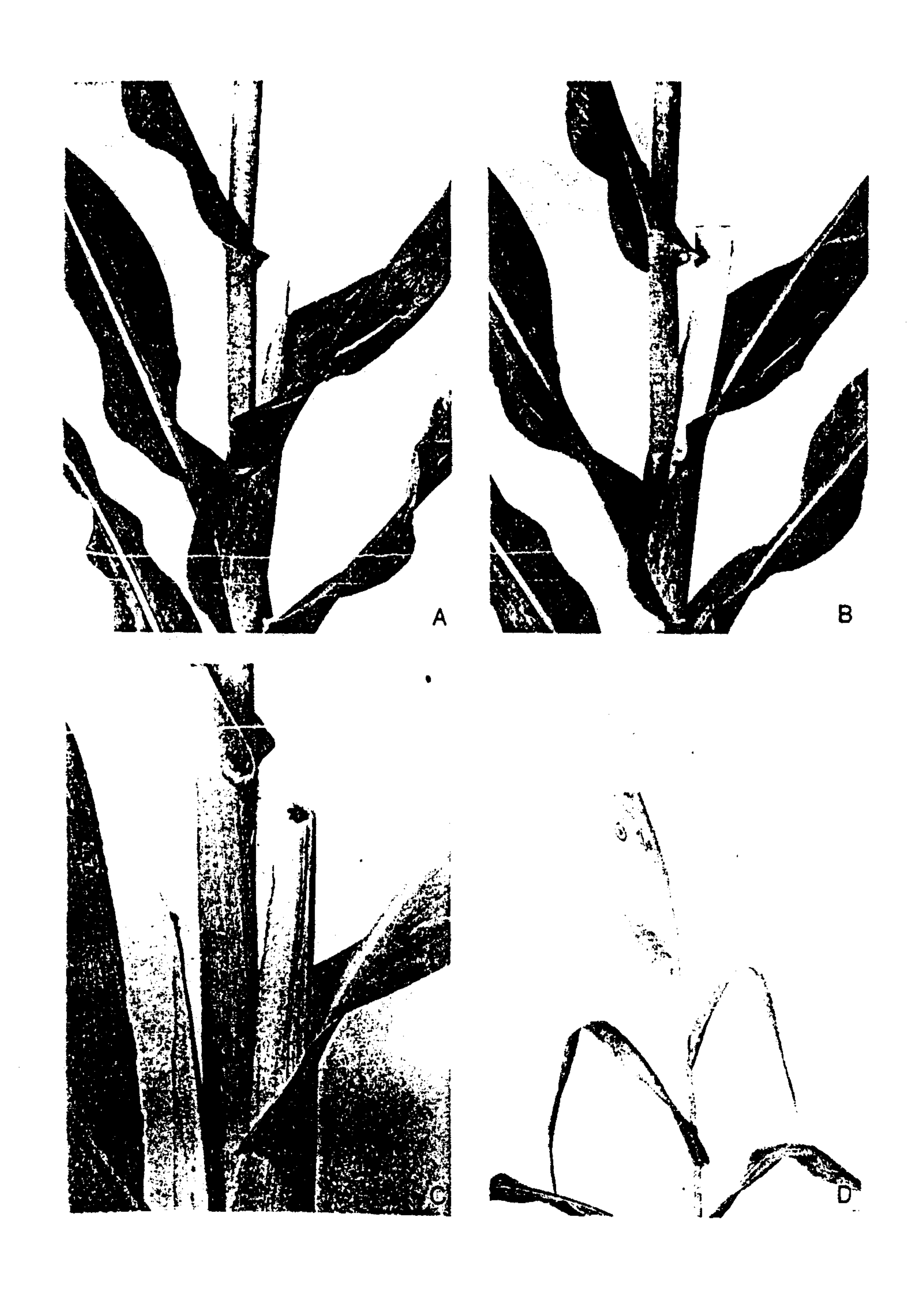
وينتج التلقيح الذاتى أو الهجينى عددا من البذورمن النبات الفردى كافى لمعظم أغراض التربية لو استعملت الطرق والاحتياطات المناسبة. وبالرغم من انه من السهل نسبيا عمل التهجين الصناعى والاخصاب الذاتى الصناعى فى الذرة فانه من الضرورى استعمال الطرق المناسبة للابقاء على نسبة عالية من عقد البذور الناتجة منهذه العمليات فمن الضرورى تغطيه النورات المذكرة Tassels والكيزان Ears من التلوث بحبوب لقاح منتشرة فى الحقل بواسطة تيارات الرياح . ومن السهل الحصول على المعدات والأدوات المطلوبة لاجراء عمليات التحكم فى التلقيح وانتاج البذور الذاتيه او الهجينية (صورة رقم ٩).

وتشمل المعدات مريلة خاصة بجيوب مصممة ليوضع بها أكياس تغطية النورات المذكرة (الأكياس الكرافت) والنورات المؤنثة (الأكياس الجلاسين) والدبابيس الكلبس والجيوب الخاصة بالدباسات والسكين (المطواه) ذات الحجم المناسب لتجهيز الكيزان والقلم الرصاص

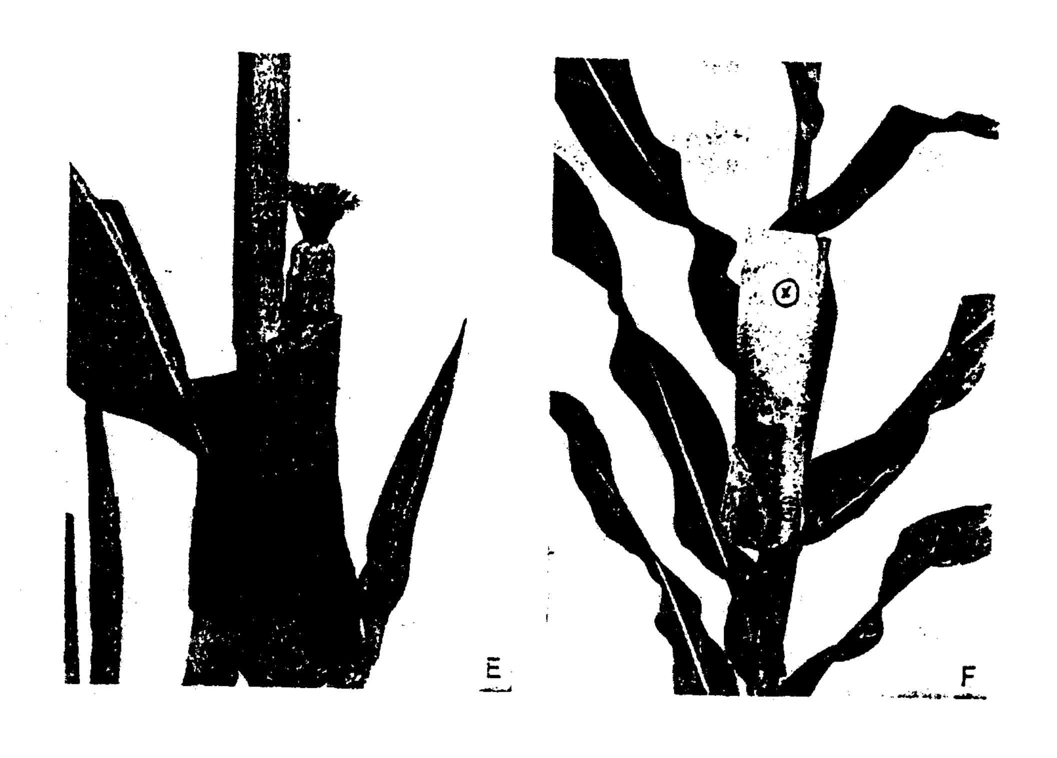


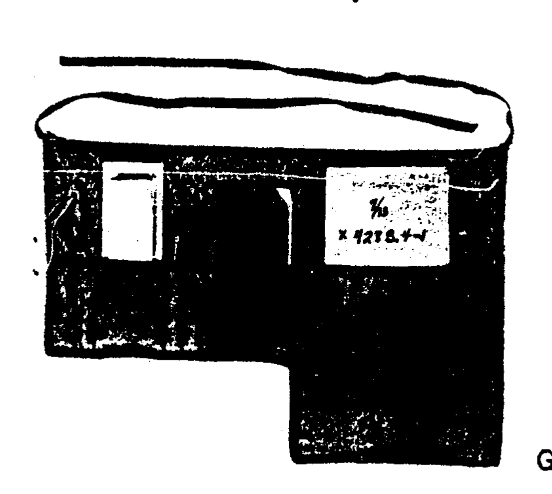


صورة رقم (٨) :(العليا) لمجموعة من الصوب الزجاجية فى مركز البحوث الزراعية ، بلتسفيل ، ميريلاند بالولايات المتحدة ، حيث يستعملها المربى لأغراض التهجينات وزراعة الأجيال المبكرة من الأنسال الهجينية واختبار السلالات لمقاومة الأمراض وغير ذلك . (السفلى) ذرة منزرعة فى صوبة زجاجية فى فصل الشتاء ، حيث يساعد ذلك فى تقليل عدد السنوات المطلوبة لاستنباط صنف أو هجين جديد .



صورة رقم (٩) :خطوات التلقيح الذاتى الصناعى والهجين الصناعى فى الذرة (A) كوز ذرة ظاهر من داخل غمد الورقة حيث تكيس الكيزان فى هذه المرحلة لمنع التلقيح . (B) كيس جلاسين فى مكانه فوق الكوز ليحمى الحرائر بـ ١-٢ يوم. (C) قطع قمة الكوز فى اليوم السابق للتلقيح ويوضع كيس الكوز مكانه مباشرة بعد القطع. (D) كيس الشوشة موضوع فوق الشوشة فى اليوم السابق للتلقيح .





بقية صورة رقم (٩) : (E) فرشة الحريرة نامية ومستعده للتلقيح وتوفر الفرشة نموا منتظما للحرائر الحديثة التى يوضع فوقها اللقاح . واللقاح المجمع فى كيس الشوشة يتم تعفيره على فرشة الحرائر . (F) كيس الشوشة مثبت فى مكانه فوق الكوز لحماية الكوز النامى . (G) مريلة تحمل داخلها معدات التلقيح تشمل المعدات سكين حاد ، اكياس جلاسين واكياس كرافت، قلم شمع ، نوته حقل .

لكتابة الملاحظات على الأكياس الكرافت أو الجلاسين ، وتوجد احجام وطرز ونوعيات مختلفة للمعدات والمواد المستخدمة. وتعتمد الأنواع المستخدمة على التفضيل الشخصى وعلى التكلفة فبعض المربين يفضلون استعمال الدباسة لتثبيت الأكياس على النورة المذكرة أو الكوز بينما يفضل الآخرون استعمال دبابيس الورق الكلبس المطلية بالنحاس ، كما ان البعض يفضل استعمال قلم الشمع عن استخدام القلم الرصاص للكتابة على اكياس النورات المذكرة وأكياس الكيزان. وتتوافر اكياس النورات المذكرة والمؤنثة بأوزان وأحجام مختلفة ولكن المهم أن تكون كل اكياس النورات المذكرة والمؤنثة مقاومة للماء وملصوقة بصمغ مقاوم للرطوبة.

ويتطلب التلقيح الصناعى سواء كان تهجين أو إخصاب ذاتى سلسلة من العمليات التى يجب اتباعها لانتاج بذور ذات جودة عالية وخالية من التلوث. ويجب التفتيش على النباتات داخل كل نسل يوميا فى مرحلة التزهير لتغطية الكيزان ، ويجب ان تتم هذه التغطية قبل ظهور الحرائر من قمة الكوز لتجنب الاخصاب بحبوب لقاح غير معلومة المصدر. وتثبت اكياس الجلاسين على الكيزان وتحشر بين الكوز وورقة الكوز كل صباح لمنع فقد كيزان بسبب ظهور حرائرها. والتفتيش المستمر على النباتات لتغطية الكيزان هو أكثر المراحل حرجا فى التلقيح الصناعى.

والكيزان الأفضل فى الاستعمال للتلقيح الصناعى هى تلك التى تم تكييسها ويكون قد مضى يومين أو ثلاثة أيام على الظهور الكامل لحرائرها داخل الكيس. ويتم الكشف يوميا على الكيزان وعندما تصل الى المرحلة المناسبة يتم اختبار النورات المذكرة لتحديد اذا ما كانت حبوب اللقاح الحية متاحة لاخصاب الجاميطات المؤنثة أم لا. والنورات المذكرة المستخدمة فى تلقيح الكيزان اما ان تكون موجودة على نفس النبات الذى يحمل الكوز (فى حالة التلقيح الذاتى) أو على نبات آخر (فى حالة التلقيح الهجينى). وعندما تكون النورات المذكرة والحرائر فى مرحلة النضج المناسبة ومستعدة للتلقيح يجب تجهيز كليهما ، ويتم اجراء التلقيحات فى اليوم التالى لاعداد الأزهار المذكرة والمؤنثة.

وتجهز النورات المؤنثة عن طريق قطع قمتها مع قرط ٢ سم من قمة اغلفة الكوز ثم يعاد تكييسها بنفس الكيس وتسبب هذه العملية تكوين فرشاه من الحرائر يمكن اضافة حبوب اللقاح عليها فى اليوم التالى كما ان قطع قمة الكوز يهيىء ايضا تكوين فرشاه من الحرائر الممثلة للكوز وينتج عنه عقد احسن للبذور وتلوث أقل بحبوب اللقاح الغريبة. وعادة لا تقرط الحرائر اكثر من مرة واحدة لأن استعادة النمو بعد عملية القرط الثانية قد لا يحدث أو قد يحدث بدرجة ضعيفة جدا ويجب فى كل الاحوال اعادة وضع كيس الكوز بأمان تام بعد تجهيز الكوز.

وبعد تمام تجهيز الكوز يجب تجهيز النورات المذكرة المناسبة كمصدر لحبوب اللقاح فلو ان الكوز المجهزيراد تلقيحه ذاتيا فان شوشة نفس النبات يتم تجهيزها مباشرة بعد تجهيز الكوز. وبالنسبة للتلقيحات الخلطية فان النورات المذكرة يتم تجهيزها على نباتات أخرى. ويمكن الحصول على حبوب لقاح حية من شوشة غير مغطاه فى نفس اليوم الذى يجهز فيه الكوز ولكنه من الممكن ان يحدث تلوث من حبوب اللقاح الغريبة التى قد تكون ملتصقة بالشوشة. وعادة ما تنتج النورات المذكرة أكبر كمية ممكنة من حبوب اللقاح بعد ٢-٣ أيام من بداية انتشار اللقاح وعادة ما تكون هذه الفترة متطابقة مع وقت ظهور الحريره المثالى. وتوضع اكياس النورات المذكرة على النورات المقصودة لتكون مصدرا لحبوب اللقاح وتربط باحكام حول حامل النوره لتقاوم الفقد عن طريق الرياح أو المطر. وقد يتم احكام الربط للأكياس باستعمال دبابيس الكلبس أو الدباسات ولكن عادة ما يفضل استعمال دبابيس الكلبس نظرا لسهولة نزعها عند وقت التلقيح.

ويتم التلقيح بعد ٢٤ ساعة تقريبا من تجهيز النورات المذكرة والمؤنثة ، ويجب أن لايتم التلقيح إلا بعد بزوغ المتوك خارج الأزهار وتحرر حبوب اللقاح منها ويحدث هذا بعد حوالى ٣ ساعات من شروق الشمس ، ولكنه قد يحدث مبكرا أو متأخرا عن ذلك حسب درجة الحرارة والرطوبة السائدتين. ويجب أن تكون اكياس اللقاح قد جفت لمنع تعجن اللقاح الذى قد يفقد حيويتة. ولو إستمر النهار رطبا ومبللا بسبب المطر (فى بعض البلاد) فان التلقيح قد يتم تأخيره حتى اليوم التالى. ولا يكون انتشار حبوب اللقاح داخل الكيس كاملا الا اذا تم هز الكيس أو الطرق عليه من الخارج قبل نزعه من النبات. وبعد ان يتم هز الكيس تميل الشوشة لأحد الجوانب ثم ينزع باحتراس الكيس المحتوى على حبوب اللقاح الحية. ويجب توخى الحذر بأن لا يعرض داخل الكيس للتلوث الممكن بحبوب لقاح اخرى منتشرة فى الحقل. ويتم صب محتويات الكيس على فرشة الحريرة بالكوز حيث يمكن الكشف عن الحريره اما بقطع نهاية الكيس الجلاسين المغطى للكوز او برفع هذا الكيس لأعلى باحتراس حتى تتكشف الحريرة. وكل عملية من هذه العمليات يجب ان تتم بسرعة كبيرة بقدر الامكان لتقليل فرص التلوث الى الحد الأدنى. وبعد وضع حبوب اللقاح على الحريره يوضع الكيس الجلاسين فوق الكوز الملقح صناعيا ويربط الى ساق النبات باحكام بواسطة دبابيس كلبس أو دباسة ويظل هذا الكيس فوق الكوز حتى الحصاد.

وعادة ما يتوقع الشخص نجاحا جيدا للتلقيح اليدوى فى الذرة ولكن العقبات الرئيسية فى هذا النجاح هى تعرض النباتات لعوامل التقسية البيئية (الجفاف والحر والمطر) التى تؤثر

على تكوين الأزهار وعلى التلقيح. ويمكن للأفراد بحد أدنى من التدريب والخبرة أن يصبحوا مهره بارعين فى عمل التلقيحات الناجحة ذات عقد البذور الجيد.

٧- استحداث الطفرات Mutagenesis

باستثناء بعض مواقع الجينات Loci الخاصة المستخدمة فى الدراسات الوراثية الا أن المواد المطفرة لم تستخدم فى الذرة لاستحداث التباين الوراثى المفيد للمربى. ولقد صممت دراسة انتخابية موسعة بواسطة جاردنر سنة ١٩٧٧ لمقارنة تأثيرات الانتخاب الاجمالى فى عشيرتين من الصنف مفتوح التلقيح " Hays Golden " حيث صمم الانتخاب الاجمالى فى العشيرة الأولى الممثلة للصنف الأصلى وفى العشيرة الثانية تم تعريض بذور العشيرة الأصلية وبذور العشيرة الناتجة من ممارسة دورتين من الانتخاب الى الأشعة النيوترونية. وبعد ١٨ دورة من الانتخاب الاجمالى تم قياس الاستجابة للانتخاب فى كلا العشيرتين فكان معدل الاستجابة لكلا العشيرتين متماثله وهى ٣٪ لكل دورة انتخابية بالنسبة للـ ١٦ دورة الأولى ، مع عدم وجود أى دليل على ان هناك تباين وراثى نافع بدرجة اكبر فى العشيرة التىتم تشعيعها عن العشيرة الأخرى التىلم تعرض للاشعاع. وتقترح النتائج التى خصل عليها جاردنر سنة ١٩٧٧ أن التباين الوراثى لم يكن قليلا فى العشيرة الأصلية وان الاشعاع لم يتسبب فى أى زيادة لهذا التباين.

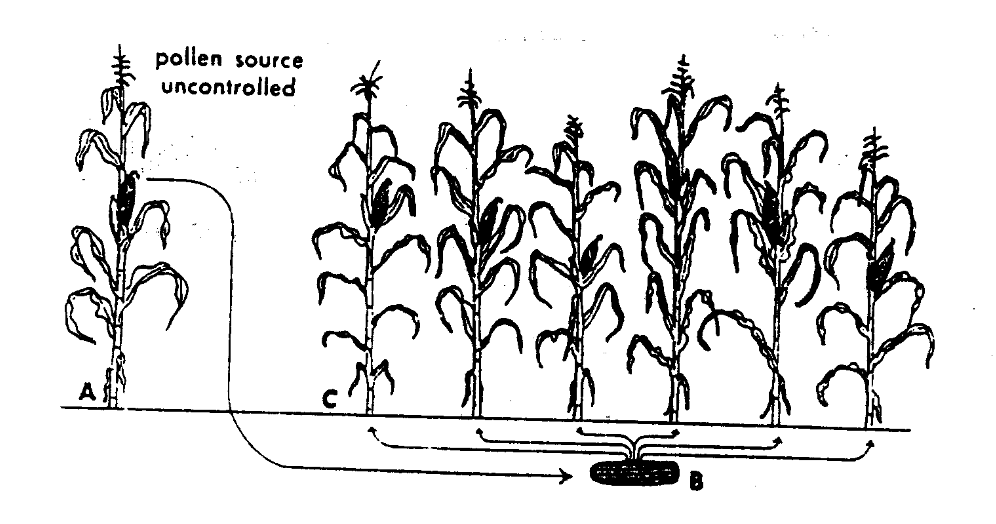
أن التربية بالطفرات كطريقة تقليدية لم تكن مكونا هاما فى برامج تربية الذرة والدليل الحديث لظهور التباينات الوراثية بين الانسال المستولده عن طريق زراعة الآنسجة Tissue culture ربما يغير استراتيجيات التربية فى المستقبل. وبالرغم من انه لم يتضح تماما كيف ينتج التباين عن طريق زراعة الانسجة فان التباين بين الخلايا الجسمية Somaclonal variation ربما يلعب دورا اكبرفى المستقبل خصوصا بالنسبة للأليلات الموجودة عند مواقع جينات النضج maturity ومقاومة الآفات وتحمل مبيدات الحشائش وتحمل الملوحة. وربما تسمح الطفرات المستحدثة بهذه الطريقة بحدوث تحويرات فى السلالات الممتازة elite lines بالنسبة لصفات خاصة.

الطبيعة خليطة التركيب الوراثى للذرة مفتوحة التلقيح

Heterozygous nature of open - pollinated corn

تتصف الاصناف مفتوحة التلقيح من الذرة بأن التركيب الوراثى لكل نبات فيها خليط Heterozygous وبأنها متباينة وراثيا أى ان التراكيب الوراثية للنباتات المختلفة غير متماثلة Heterogeneous. ومن المعتقد أن كل بذرة على كوز ذرة مفتوح التلقيح قد يخصص لها حبة لقاح من أب مختلف مما يجعل من المشكوك فيه أن كل بذرتين على نفس الكوز لهما نفس التركيب الوراثى تماما. ويعتبر كل نبات. كأنه هجين منفصل له صفات فردية مختلفةعن أى نبات آخر وأن حقل من الذرة مفتوحة التلقيح عباره عن خليط من العديد من هجن الذرة المركبة (صورة ١٠). ويؤدى ذلك الى حدوث كلا من التباين الوراثى والتباين المظهرى داخل الحقل الفردى من الصنف مفتوح التلقيح.

وفى الأصناف مفتوحة التلقيح التى كانت منزرعة فى مرحلة مبكره من هذا القرن كانت التباينات غالبا ما تحدث بين لوتات من البذور أكثرت تحت ظروف مناخية مختلفة فمثلا عينات البذور من الصنف Reid Yellow Dent التى اكثرت وتأقلمت لمنطقة أيوا كانت أبكر فى النضج عن عينات بذور نفس الصنف التى اكثرت وتأقلمت لمنطقة ميسورى لأن موسم الزراعة فى أيوا أقصر منه فى ميسورى. ومع كل جيل جديد يحدث تغير مستمر للجينات مما يحافظ على درجة عالية من الخلط الوراثى Heterozygosity للذرة المفتوحة التلقيح ويبقى على تباينها الوراثى. حيث انه نتيجة للتلقيح الخلطى الطبيعى يعيد كل جيل تجميع الجينات بصورة مختلفة عن الجيل السابق وبالتالى لا يكون أبدا التركيب الوراثى للعشيرة هو نفسه تماما كما كان فى الأجيال السابقة ، كما أن التراكيب الوراثية المتأقلمة يزيد انتاجها من البذور وبالتالى تزداد نسبتها فى العشيرة على حساب التراكيب غير المتأقلمة. ويمكن الاسراع من هذا التحول ناحية التراكيب الوراثية الأكثر تأقلما بواسطة طرق الانتخاب التى ينفذها المربى و بواسطة ظروف التقسية البيئية التى تتعرض لها العشيرة ، ولكن أحد عقبات الانتخاب هو الارتباط بين الجينات الغيرمرغوبه والجينات المناسبة للأقلمة.



صــورة رقم (١٠) : نبــات ذرة مفتوح التلقيح و نسله. A = نبات من صنف مفتوح التلقيح، B = كوز من نبات مفتوح التلقيح، كل حبة أتت من اخصاب منفصل ، فالحبوب متقاربة وراثيا من بعضها من ناحية الأم ولكنها قد تكون بعيدة جدا من ناحية الأب ، حيث يأتى اللقاح من العديد من النباتات داخل الحقل، C = نباتات نامية من حبوب صنف مفتوح التلقيح من الذرة حيث تختلف النباتات فى الارتفاع وحجم الكوز... الخ ولكن فى المتوسط تبقى على الطراز العام للصنف الأصلى.

وراثـــة الــذرة

لم يحظى محصول آخر على قـدر من الدراسـات الوراثيـة والسيتولوجية مثـل تلـك التـى أجريت على محصول الذرة. وأدت هذه الدراسات الـى تحديد عدة مئـات مـن مواقـع الجينـات المختلفة وعمل الخرائـط الارتباطيـة لتوضيح موقـع الجينـات علـى كـل كروسـوم مـن العشـرة كروموسومات التى يمتلكها الذرة.

والأسبــــاب التـــى أدت الى هـــذا الكم من الدراسات الوراثية فـــى الــذرة يمكـن تلخيصهـا فيما يلى :

أ- أن الذرة محصول واسع الانتشار ويزرع فى العدبد من المناطق وهـو محصـول مهـم اقتصاديا للعديد من الدول.

ب- أن كلا من التلقيح الخلطى والذاتى فى الذرة سهل الاجراء.

ج- انه يمكن الحصول على اعداد كبيرة من البذور من مجرد تلقيحة واحدة.

د- أن الذرة يمتلك العديد من الصفات الوراثية سهلة الملاحظة والدراسة.

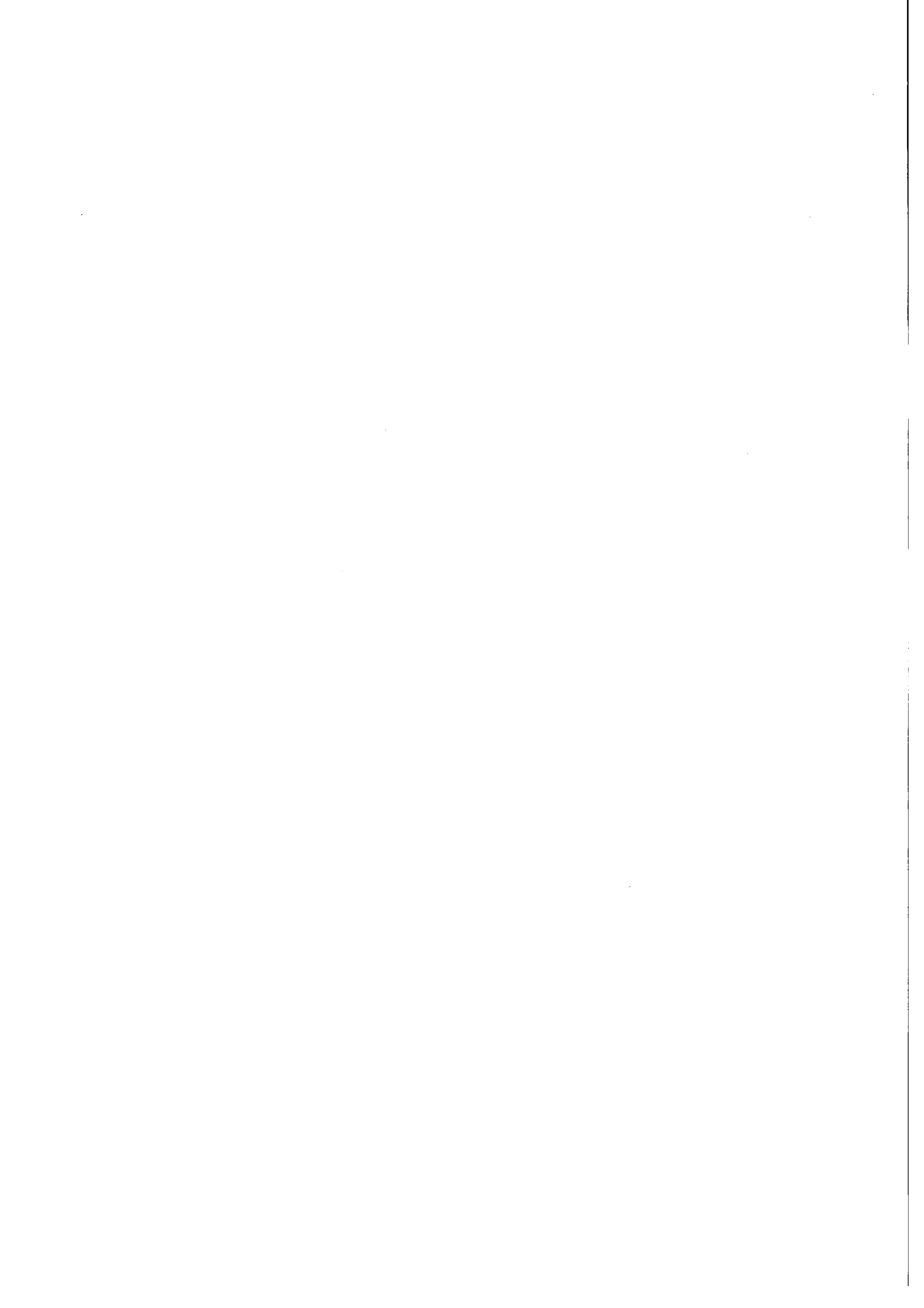
هـ- أن الذرة يحتوى على العديد من الصفات المتنحية تظهر فى حالة أصيلة نتيجة للتربية الداخلية أو بواسطة المواد المطفره.

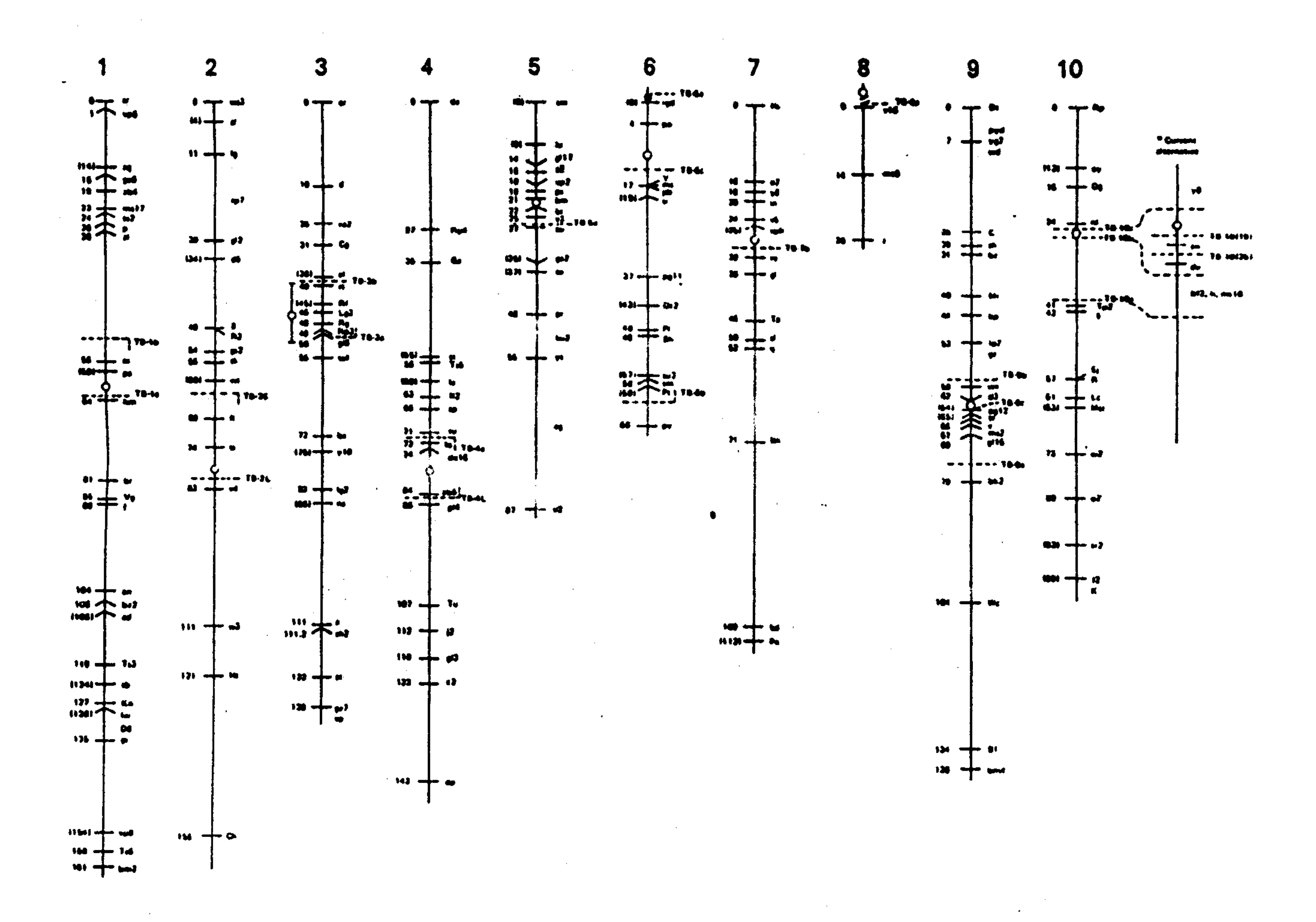
و- أن العدد الكروسومى للذرة صغير ($2n = 2x = 20$)

ز- أن الكروموسومات الفردية فى الذرة يمكن التعرف عليها بسهولة من أطوالها ومن وجود عقد (Knobs) مختلفة على بعض الكروموسومات.

وفى الحقيقة فان طريقة تربية الذرة الهجين التى تطورت نتيجة لاجراء البحوث على وراثة الذرة قد نشطت بحوث وراثية أخرى على هذا المحصول. فقد اجريت العديد من الدراسات الوراثية الموسعة على تركيب الحبة ، وصبغات الانثوسيانين والكلوروفيل والكاروتينويد ، وعلى مورفولوجيا النبات وطرق تنظيم الجين وأنظمة الوراثة السيتوبلازمية...الخ. وقد أمكن استحداث العديد من الطفرات (صورة رقم ١١) باستخدام الاشعاع والمطفرات الكيماوية. وقد اسهمت الدراسات الوراثية فى الذرة فى الكشف عن كثيرمن المعلومات عن طبيعة الجين وفعل الجين بالاضافة الى أن معظم البحوث الأولى عن قوة الجين Heterosis قد صممت على نبات الذرة. ولهذا فقد تأسست مجلة علمية خاصة ببحوث الوراثة فى الذرة Maize Genetics Cooperation News Letter فى قسم المحاصيل بجامعة ميسورى بكولومبيا بالولايات المتحدة الأمريكية.

وقد نشر Coe & Neuffer خريطة ارتباطية للذره (صورة رقم ١٢) فى كتاب Corn & Corn Improvement سنة ١٩٧٧ تبين كروموسومات الذرة العشرة ومواقع الجينات عليها ومعظم الطفرات الموقعة على الخريطة يتحكم فيها جينات متنحية بسيطة والقليل منها سائدة بالاضافة لوجود أنظمة مختلفة للتفاعل بين الجينات epistasis .





صورة رقم ١٢ : خريطة ارتباطية للعشرة كروموسومات التي يحتويها الذرة ، ويدل كل رمز على موقع جين معين على الكروموسوم .

توارث الصفات الرئيسية فى الذرة

تتراوح نظم التحكم الوراثى للصفات التى يهتم بها مربى الذره فى برامجه ما بين نظم تحكم معتمدة على جينات فردية رئيسية (وراثة بسيطة) خاصة بالصفات الوصفية Qualitative characters الى نظم تحكم وراثية معتمدة على العديد من الجينات (وراثة معقدة) وهى الخاصة بالصفات الكميةQuantitative characters.

وقد درست خلال الخمسين عاما الماضية العديد من الصفات الوصيفة فى الذرة التى ساهمت اما فى تحوير تركيب الحبة (التركيب السكرى sugary والشمعى waxy والنشوى floury والمعتم Opaque) أو تحوير الشكل الظاهرى (المورفولوجى) للنبات (مثل اختفاء اللسين Liguleless ووجود اللون البنى للعرق الوسطى للورقة Brown midrib واحتواء الشوشة على بذور Tassel seed). وفى معظم الحالات وجد انه يتحكم فى هذا النوع من الصفات جينات فردية رئيسية وأن تعبير هذه الجينات لا يتأثر بالبيئة. ولكن بصفة عامة لم تسهم الصفات الوصفية فى عملية التحسين الوراثى للذرة الا فى قليل من الحالات التى استخدم فيها عدد من الجينات الرئيسية major genes فى تصحيح ضعف خاص موجود فى سلاله ما او هجين معين. فمثلا عندما اكتشف هوكر سنه ١٩٦١ الجين Ht الذى يتحكم فى مقاومة الفطر Helminthosporium turcicum فقد استفاد المربين بهذا الجين النافع فى زيادة مستوى المقاومة لتلف الأوراق فى الذرة المتسبب عن هذا الفطر وأمكن بسهولة ادخال هذا الجين للسلالات عن طريق التهجين الرجعى.

ومن جهة أخرى فان معظم الصفات التى تعتبر ذات أهمية اقتصادية لمربى الذره هى من نوع الصفات الكمية أى ذات الوراثة الكمية التى يتحكم فيها عدد كبير غير معروف من المواقع الوراثية Loci (الجينات) والتى عموما لا يمكن تقسيم الأفراد فيها الى أقسام منفصلة بناء على المظهر phenotype لأن كل موقع وراثى له تأثير صغير فقط على تعبير الصفه بالاضافة الى أن تعبير المواقع الوراثية يتأثر بالظروف البيئية ويقترب التباين بين الافراد والانسال بالنسبة للصفات المتوارثة كميا من التوزيع الطبيعى. وتستخدم المدلولات الاحصائية لتقدير نسبة التوريث لهذه الصفات الكمية وتسجل البيانات على الأشكال المظهرية(p) ويقسم التباين بين الأشكال المظهرية لتقدير الأهمية النسبية للتأثيرات الوراثية (G) والبيئية (E) ويكون التباين المظهرى (σ^2_P) عبارة عن حاصل جمع التباين الوراثى σ^2_G والتباين البيئى (σ^2_E) وتباين التفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة (σ_{GE}^2) :

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

واذا لم يكن هناك تفاعل بين التركيب الوراثى والبيئة فان التباين المظهرى يساوى :

$$\sigma^2_p = \sigma^2_G + \sigma^2_E$$

وتعتمد تقديرات نسبة التوريث للصفات الكمية على نوع الانسال التى يتم تقييمها وعلى عدد البيئات التى تختار للتقييم. ومن الضرورى أن تعرف بدقة هذه التقديرات لنسبة التوريث ففى الذرة من الممكن ان يكون هناك تباين كبير بين تقديرات نسبة التوريث لنفس الصفة وكذلك بين تقديرات نسبة التوريث للصفات المختلفة وتحسب نسبة التوريث h^2 من المعادلة :

$$h^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_P}$$

وبناء على التوقعات فان قيمة الـ h^2 يمكن أن تحسب كالتالى :

$$h^2 = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_G + \frac{\sigma^2_{GE}}{re} + \frac{\sigma^2}{r}}$$

وتعتمد قيمة h^2 على أنواع الانسال المختبرة (هل هى أخوة أشقاء Full sib أم أنصاف أشقاء Half - sib أم انسال ذاتية فى الجيل الأول S_1 أو فى الجيل الثانى S_2...الخ) وعلى الخطأ التجريبى (σ^2) وعلى عدد المكررات (r) المستخدمة ، وعدد البيئات (e). فمثلا لو قيمت عائلات أنصاف أشقاء half - sibs فى مكررين فى كل من ثلاثة بيئات فان قيمة h^2 للمحصول قد تكون ٤٥٪ ومع ذلك لو قيمت انسال جيل الاخصاب الذاتى الثانى (S_2) فى مكررين فى كل من ثلاثة بيئات فان قيمة h^2 للمحصول ايضا قد تكون ٨٠٪ أو اكثر. وفى كلا الحالتين فان قيم الـ h^2 قد تكون اكبر من ذلك لو شملت عملية التقييم عدد اكبر من المكررات والبيئات ، كما ان قيمة h^2 للمحصول قد تكون اقل من ١٠٪ لوحسبت على أساس النبات الفردى. ومن ثم فان قيمة نسبة التوريث للصفات الكمية هى قيم خاصة بكل عشيرة وبكل عدد من بيئات التقييم المستخدمة. وقد لخص هالاوار وميراندا سنه ١٩٨١ نتائج تقديرات نسب التوريث (h^2) لصفات الكوز والنبات المختلفة فى جدول رقم ٤. وهذه التقديرات للـ h^2 عبارة عن متوسطات لدراسات سابقة محسوبة على اساس متوسط البلوت (القطعة التجريبية). وقد حولت تقديرات الـ h^2 الى أساس عام لتقليل تأثيرات عدد المكررات وعدد البيئات على الحجم النسبى للتقديرات. فنجد أن صفات محصول الحبوب ومكونات المحصول (صفات

الكوز والحبة) تميل لأن تكون تقديرات التوريث فيها أقل ما يمكن ، وصفات النبات (ارتفاع النبات والكوز وعدد الفروع) تظهر قيما متوسطة للتوريث ، أما الصفات المرتبطة بالنضج maturity فهى تعطى أعلى تقديرات للتوريث. وكانت قيمة التوريث لنسبة الزيت فى الحبة ٧٧٪ مما يقترح بأن التباين الوراثى المحسوب كنسبة من التباين المظهرى هو اكبر بدرجة واضحة لصفة نسبة الزيت عنه بالنسبة لصفة المحصول.

جدول رقم ٤ متوسط تقديرات نسبة التوريث (h^2) لعدد ١٧ صفة من صفات الذرة مقاسة على اساس متوسط البلوت (من كتاب "فهر" أسس تحسين الأصناف)

الصفات	عدد التقديرات	نسبة التوريث(٪) (h^2)
محصول الحبوب	٩٩	٪١٩
طول الكوز	٣٦	٣٨
سمك الكوز	٣٥	٣٦
عدد الكيزان	٣٩	٣٩
عدد صفوف الكوز	١٨	٥٧
وزن الحبة	١١	٤٢
عمق الحبة	٧	٢٩
سمك القولحة	٦	٣٧
نسبة الرطوبة بالحبوب	٤	٦٢
عدد الايام حتى التزهير	٤٨	٥٨
ارتفاع النبات	٤٥	٥٧
ارتفاع الكوز	٥٢	٦٦
رقاد الساق	٥	صفر
عدد فروع النبات	٥	٧٢
امتداد غلاف الكوز	٣	٥٠
نسبة الزيت فى الحبة	٤	٧٧

وتعتمد قيم نسبة التوريث h^2 على اذا كان قد تم عمل طريقة فعالة لفصل التأثيرات الوراثية عن التأثيرات البيئية فبالنسبة للأمراض والحشرات فان فصل هذه التأثيرات يزداد قوة باستخدام الوسائل الصناعية لاحداث العدوى واستخدام عدد اكبر من المكررات وبيئات المقارنة. فنجد ان قيمة نسبة التوريث لصفة رقاد الساق صفرا لأن الظروف لم تكن موجودة لتقدير الاختلافات الوراثية بين الانسال بالنسبة لقوة الساق stalk strength ولو وجدت الظروف البيئية المناسبة مثل العدوى الصناعية بالفطر المسبب لعفن الساق stalk rot وما يصحب ذلك من رياح قوية فان الاختلافات الوراثية يمكن ملاحظتها وربما تصل نسبة توريث رقاد الساق عندئذ الى ٤٠-٦٠ ٪ . ولقد طور المربون تقنيات تصفية فعالة بالنسبة للعديد من آفات الذرة والتى تزيد من قيم نسبة التوريث وبالتالى تزيد من فعالية الانتخاب. فمثلا نسبة توريث المقاومة للجيل الأول لثاقبات الذرة الأوربية يمكن أن تتراوح من صفر الى ٦٠٪ فلو اعتمد الانتخاب على اساس العدوى الطبيعية بالحشرة فان نسبة التوريث قد تكون صفر لأن الحشرة اما ان تكون غير موجودة اصلا أو لأن تلف الأوراق قد كان مغلوطا فيه جدا بين الانسال وبالتالى يمكن لنسبة التوريث أن تزداد لو أن كل الأنسال تم عدواها صناعيا بيرقات الحشرة.

طرق تربية الذرة

Maize Breeding Procedures

يمكن تجزئه مراحل تربية الذرة الى ثلاثة مراحل زمنية رئيسية متتابعة بخصوص الطرق الأكثر استخداما وشيوعا وهى :

أ- **منذ ٧٠٠٠ الى ١٠٠٠٠ سنة مضت** :- حيث حدث التحول من النوع البرى (الحشيشة) الى النوع المزروع.

ب- **حتى سنة ١٩٢٠** :- حيث استخدم الانتخاب الاجمالى Mass selection بين وداخل النوع المزروع لتكوين السلالات races والأصناف cultivars المتميزة عن بعضها لزراعتها فى مواقع بيئية خاصة ولأجل حاجات زراعية خاصة.

ج- **من سنة ١٩٠٩ حتى الآن** :- حيث .تطورت فكرة الصنف الهجين بين السلالات inbred - hybrid وتم تحديد طرق التربية والانتخاب المستخدمة حاليا فى استنباط الهجن الفردية Single -cross hybrids ذات الأداء العالى.

ولقد درست الذرة دراسة موسعة ولكن الآراء المتعارضة مازالت موجودة بالنسبة لنشأته. فبالرغم من أن المعلومات المسجلة عن أصل الذرة المنزرعة وطرق الانتخاب التى استخدمت لتطوير الـ ٢٥٠ - ٣٠٠ سلالة races من الذرة غير كاملة الا أن التغيرات والتحسينات التى طرأت على الذره قبل عام ١٩٠٠ كانت اكبر من تلك التى حدثت فى القرن العشرين. ولم تكن الوراثة المندلية مفهومة كما أن التقنيات التجريبية لم تكن متوفرة لمربى الذرة الأوائل، ولكن هؤلاء المربون كانوا قادرين على احداث تطوير فعال للمادة الوراثية (الجيرمبلازم) التى كانت الأساس لبرامج الذرة الحديثة. ولو أن تجميعات الذرة المتوفرة فى بنوك المواد الوراثية الوطنية والعالمية قد تم حفظها فى صورة حية viable فانه يكون قد تبقى لنا ثروة ضخمة من التباين الوراثى يمكننا من استغلالها فى المستقبل.

وقد تغيرت بسرعة طرق واستراتيجيات التربية المتطوره خلال القرن العشرين بالنسبة لتحسين الذرة. وهناك ثلاثة عوامل ادت الى هذا التطوير لطرق تربية الذرة :-

١- اعادة اكتشاف الوراثة المندلية.

٢- تطور التصميمات التجريبية وتحليلات التباين وتقنيه القطعة التجريبية Plot technique.

٣- طريقة السلالة النقية Pure - line للتربية التى اقترحها شل (Shull , 1909).

وهكذا اصبحت تربية الذرة علم اكثر منها فن خلال القرن العشرين. وتم استبدال او اهمال الطرق السابقة لتربية الذرة مثل الانتخاب الإجمالى وانتخاب الكوز للخط والتهجينات الصنفية ، وتم التركيز على افكار الهجين بين السلالات inbred - hybrid. حيث تم بذل مجهودات جبارة لتطوير واختبار فكرة شل Shull وكانت النتائج ايجابية. وتبين ان طرق التربية التى استخدمت لاستنباط هجن الذرة عالية الانتاجية لمنطقة حزام الذرة بالولايات المتحدة هى واحدة من اكبر الانجازات فى تربية النبات على وجه الاطلاق.

لقد وصف العديد من العلماء طرق تربية الذرة المطوره والمستعملة بالتفصيل. وشملت التطورات الاساسية تقنيات استنباط السلالة النقية ، واختبار السلالات النقية فى الهجن ، والتحسين الوراثى لمصادر الجيرمبلازم. وأجريت كلا من الدراسات النظرية والتجريبية بواسطة برامج التربية المدعمة من الحكومات غالبا. و بعد حل المشاكل التطبيقية والفنية لاستنباط واكثار الهجن قامت برامج القطاع الخاص Private programs بتبنى الكثير من الأفكار. وكان هناك تبادل حر للأفكار والمواد بين برامج التربية الحكومية وبرامج القطاع الخاص حتى حوالى سنه ١٩٧٠. وتناقص بعد ذلك اتجاه تبادل مواد التربية بسبب ظهور قانون حماية الصنف النباتى وظهور المنافسة فى صناعة البذور تجاريا ، حيث كانت الشركات المالكة تدافع بشدة عن حق ملكيتها للسلالات والهجن وبالتالى لا تجعلها متاحه للآخرين. وربما يبدو ان ذلك قلل من احداث تقدم فى تطوير طرق تربية الذرة ولكن فى الحقيقة ان التوسع السريع فى برامج تربية القطاع الخاص أدى لظهور مخزون اكبر من السلالات والهجن داخل القطاع الخاص الكلى.

ولقد اقترحت العديد من استراتيجيات التربية لاستنباط سلالات جديدة ولتطوير السلالات الموجودة ولتحسين مصادر المواد الوراثية (الجيرمبلازم) لاستخلاص سلالات جديدة (جدول رقم ٥) .

جدول ٥ : استراتيجيات التربية التى تركز على استنباط سلالات جديدة لاستعمالها فى الهجن وعلى تحسين عشائر الذرة

الاستراتيجيات	طريقة الانتخاب
استنباط السلالة Line development	- الانتخاب المنسب Pedigree selectian - الانتخاب الجاميطى Gamete selectian - انتخاب الجوره الواحدة Single - seed descent - مضاعفة الاحاديات Doubled monoploids - زراعة المتوك Anther / Pollen culture
تحوير السلالة Line modification	- التهجين الرجعى Back crossing - التحسين المتعاكس Convergent improvement - زراعة الأنسجة Tissue culture
تحسين داخل العشيرة Intrapopulation improvement	- انتخاب اجمالى Mass selectian - انتخاب الكوز للخط Ear - to - row - انتخاب أنصاف أشقاء Half - sib - انتخاب اشقاء كامله Full - sib - انتخاب السلالة المخصبة ذاتيا S_1 , S_2 , ...etc
تحسين العشائر ببعضها Interpopulation improvement	- انتخاب أنصاف أشقاء Half - sib - انتخاب اشقاء كامله Full - sib

وطريقة الانتخاب المنسب هى الأكثر انتشارا فى استعمالها حيث استعمل شل (Shull, 1909) هذه الطريقة لاستخلاص السلالات من صنف مفتوح التلقيح. وحديثا يبدو أن الانتخاب المنسب عموما يكون مرتبطا باستخلاص السلالات من عشائر الـ F_2 المتكونة من الهجن الفردية بين سلالتين. ولكن تستخدم ايضا طرق الانتخاب المنسب فى برامج التهجين الرجعى وكذلك لاستخلاص السلالات من العشائر المحسنه بالانتخاب الدورى Recurrent selection وتمثل طريقة الانتخاب المنسب اكثر من ٩٥٪ من مجهود التربية فى الذرة ومن اسمها فان طريقة النسب تتطلب أخذ ملاحظات دقيقة للحفاظ على سجل الآباء وأجيال التربية الداخلية وعزل مشتقات السلالة sublines عن بعضها والصفات النباتية فى كل انتخاب.

ويستعمل فى تحسين الذرة فئتين عريضتين من استراتيجيات التربية :-

أ- أستنباط سلالات التربية الداخلية Inbred lines الجديدة أو المعدلة.

ب- تحسين العشيرة لامدادنا بمصادر محسنه من الجيرمبلازم بهدف استنباط سلالات جديدة.

وقد تأرجحت الأهمية النسبية لهاتين الفئتين على مرور الوقت ، فركزت تربية الذرة قبل القرن العشرين على تحسين العشيرة. وبتطوير الأفكار المقترحة من Shull (١٩٠٩) تم اهمال طرق تحسين العشيرة بدرجة جوهرية ، وتركز الاهتمام من سنه ١٩٢٠ حتى ١٩٥٠ على استنباط السلالات لاستعمالها فى الهجن باستخدام العشائر المتاحة والتى غالبا ما كانت أصناف محلية مفتوحة التلقيح. وما هى الا الأربعينات والخمسينات حتى انتعشت من جديد طرق تحسين العشائر. ومنذ الخمسينات فقد أعطى تركيز على تحسين العشائر ولكن ما تزال هذه الطريقة تشكل أقل من ٥٪ من اجمالى مجهود تربية الذرة فى الولايات المتحدة. وتركز العديد من البرامج الحكومية على تحسين العشائر مع اعطاء اهتمام أقل لاستنباط السلالات الجديدة ، بينما تركز برامج القطاع الخاص على استنباط السلالات inbred lines والهجن hybrids.

وتعتبر طريقتى الانتخاب المنسب والتهجين الرجعى هما أهم طريقتين فى استراتيجيات تحسين السلالة. ولكن الاختيار ما بين طرق تحسين العشائر غير واضح حيث انه فى وقتنا هذا تتوفر العديد من اختيارات طرق تحسين العشيرة والتى يبدو انها كلها متساوية تقريبا فى الفعالية. واختيار الطريقة اذن يعتمد على اهداف التربية وعلى كيف أن الطريقة تكمل برنامج التربية التطبيقى ، وعلى اذا ما كان البرنامج يشمل عشيرة واحدة أو عشيرتين. وعموما فان التتابع التربوى لاستنباط انسال وتقييم هذه الانسال فى تجارب مكرره واعادة اتحاد (تهجين) recombining الانسال المتفوقة لتشكيل العشيرة التالية هو نفس ما يحدث بالنسبة لكل طرق تحسين العشائر .

أولا : طرق تحسين العشائر Population improvement

لقد اعطى اهتمام متزايد فى الأونه الأخيرة لتحسين عشائر الذرة ، حيث يمكن ان تزرع العشائر المحسنة مباشرة كأصناف مفتوحة التلقيح أو قد تستخدم كمصادر لاستنباط السلالات النقية. ويتم تحسين العشيرة بعدة طرق تشمل :

١- الانتخاب الاجمالى Mass selection.

٢- الكوز للخط Ear - to - row.

٣- الهجن الصنفية Intervarietal crosses.

٤- الأصناف التركيبية Synthetie varieties.

٥- المركبات Composites وأحواض المادة الوراثية Germplasm pools.

٦- الانتخاب الدورى Recurrent selection.

والعشائر المحسنه بهذه الطرق هى عشائر مفتوحة التلقيح وتكون نباتاتها خليطة التركيب الوراثى Heterozygous ومتباينة وراثيا Heterogeneous. وتربية العشيرة المحسنه قد تركز على تحسين صفه مرغوبة فردية مثل مقاومة مرض معين أو أنتخاب السيقان الأقوى أو النضج المبكر أو محتوى بروتين الحبه الأعلى أو قد تشمل على مجال أوسع من الصفات الوراثية التى قد تسهم فى التحسين الكلى للمحصول أو فى التأقلم لمناخ معين. وفى كل الحالات الجوهرية يتم تحسين العشيرة عن طريق تركيز التكرار الجينى بالنسبة لصفة تتوارث كميا أو لمجموعة من الصفات كمية التوارث لو أن الهدف كان تحسين المحصول الكلى والأقلمة.

ولقد استقبل تحسين العشيرة اهتماما كبيرا فى تربية الذرة بالنسبة للدول النامية والتى لم يقبل فيها بعد الذرة الهجين أو لم يكن ذو جدوى اقتصادية. وبالرغم من أن امكانيات العشائر لا تؤهلها لأن تكون منتجة بقدر انتاجية الهجن الا أن مميزات زراعة العشائر المحسنه مقارنة بالهجن يمكن تلخيصها فيما يلى :-

أ- أن زراعة عشيرة محسنه كصنف مفتوح التلقيح قد تفضل عن الهجين فى البلاد ذات الدخل المنخفض والدول الأقل نموا نظرا لأنها تسقط عن كاهل المزارعين تكلفه شراء بذور الجيل الأول الهجينى الجديد كل عام ، وكذلك لأنه فى هذه المناطق لا تتوفر عموما الشركات أوالهيئات التى تنتج وتسوق البذره الهجين.

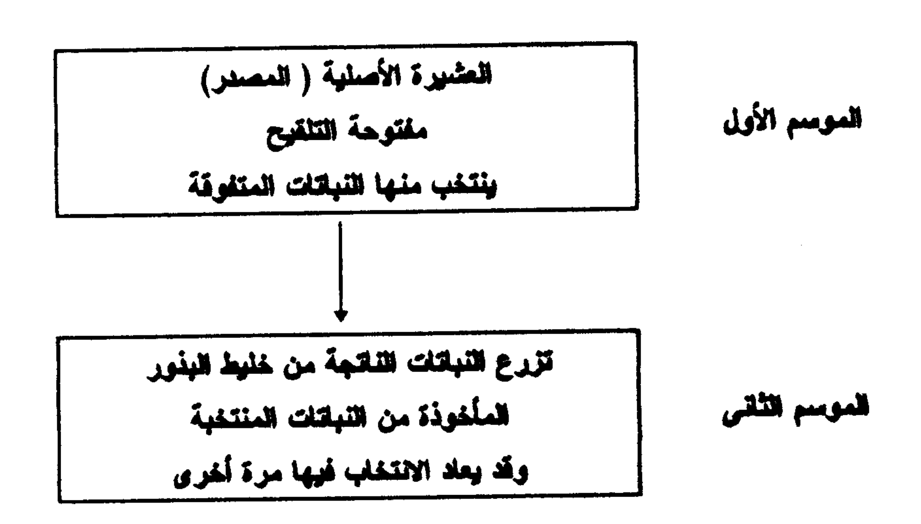
ب- أن التباين الأكبر فى العشيرة عن الهجين من الممكن أن يسمح بتكيف أكبر للعشيرة لظروف النمو المتباينة ويمكن ان يكسبها أقلمة لمدى أوسع من التباينات البيئية والموسمية.

١- الانتخاب الإجمالى Mass selection

يتم اختيار الكيزان فى طريقة الانتخاب الاجمالى لتربية الذرة على أساس صفات النبات والكوز ، وتفرط الحبوب من هذه الكيزان وتخلط وتزرع مع بعضها en masse لتبدأ دورة انتخابية جديدة (صورة رقم ١٣) . والكوز هو وحدة الانتخاب لأهميته وسهولة التعامل معه. وقد استعمل الانتخاب الاجمالى فى الولايات المتحدة لهدفين :-

أ- المحافظة على الأصناف الموجودة.

ب- استنباط أصناف جديدة.



صورة رقم ١٣: الانتخاب الاجمالى فى الذرة .

وكل مزارع انتخب كيزانا من الذرة ليزرع محصوله فى السنه الجديدة يعتبر مربيا، حيث أمكن لمثل هذا المزارع تغيير مظهر الذره الذى كان يزرعه عن طريق الانتخاب بالفحص النظرى visual لصفة معينه من صفات طراز النبات أو البذور. وقد أدى هذا الانتخاب الى توفير تباين كبير داخل الأصناف وأحيانا الى تكوين أصناف جديدة.

ولقد تطورت العديد من الأصناف مفتوحة التلقيح عالية الانتاجية والمتأقلمة فى الولايات المتحدة الأمريكية ومناطق أخرى كثيرة من العالم بواسطة الانتخاب الاجمالى. وكان التأثير الملفت للنظر للانتخاب الاجمالى هو ما أحدثه من تغييرات فى الصفات النباتية التى يسهل رؤيتها مثل النضج ، او ارتفاع النبات أو شكل الكوز والحبوب. وأدى الانتخاب الاجمالى المستمر خلال السنوات العديدة لصفات نباتية يمكن تمييزها بسهولة وغير متأثرة بشدة بالبيئة الى تطوير طرز صنفية جديدة مناسبة لرغبة المربى. كما تطورت ايضا أصناف كانت متأقلمة لمناطق انتاج جديدة أولاغراض خاصة . أدى انتخاب أصناف مبكرة ، مثل مينسوتا ١٣ ، الى امكانية انتاج كميات محصول عالية من الذرة فى الولايات الشمالية مثل مينسوتا والتى تتصف مواسم النمو فيها بأنها قصيرة. كما أمكن عن طريق الانتخاب للقولحة الكبيرة استنباط الصنف Missouri Cob Pipe والذى استعمل فى تصنيع ألغليونات من القوالح Cob Pipes.

وخلال الحقبه التى استعمل فيها الانتخاب الاجمالى لتغيير مظهر الأصناف المتأقلمة لم يتحسن المحصول فيها بدرجة معنوية ويتضح ذلك من البيانات المأخوذة من محطة التجارب الزراعية بأوهايو سنه ١٩١٥ (جدول ٦).

ويعزى الفشل فى زيادة المحصول بواسطة الانتخاب الاجمالى الى :

أ- عدم قدرة المربى على تمييز التراكيب الوراثية المتفوقة فى المحصول فى العشيرة المتباينة وراثيا من الصنف مفتوح التلقيح.

ب- أن التراكيب الوراثية المتفوقة محصوليا يحدث لها تلقيح من كل التراكيب الوراثية الأخرى سواء كانت متفوقة أو متدهورة المحصول بحيث لا تنتقل الامكانيات المحصولية للنبات عالى المحصول الى كل النسل الناتج منه.

ج- الحقيقة بأن الانتخاب القاسى لصفات نباتية خاصة غالبا ما يقود الى التربية الداخلية inbreeding وبالتالى يقلل الانتاجية المحصولية.

د- أن الانتخاب كان معتمدا على نباتات فردية لذلك لم تكن هناك طريقة لقياس مدى التأثير البيئى على المحصول.

جدول٦ : غلة الأصناف مفتوحة التلقيح من الذرة المنتخبة لصفات متضادة للكوز والحبة

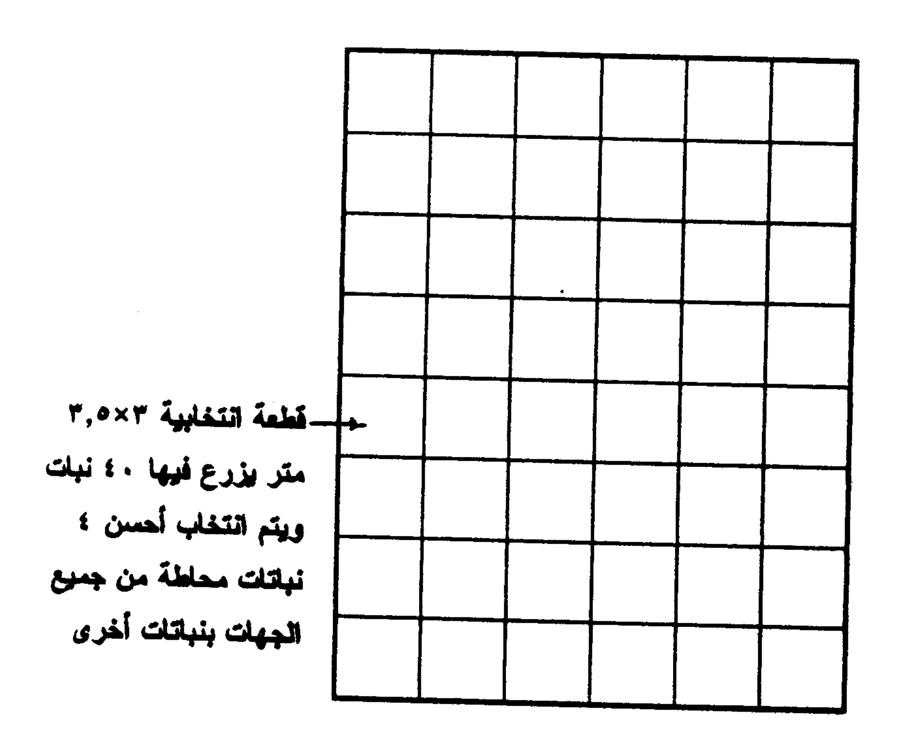
الصفات المتضادة	عدد سنوات المقارنة	الصفة التى أعطت أعلى محصول	الزيادة فى المحصول(٪)
الكيزان الطويلة مقابل القصيرة	١٠	الكيزان الطويلة	٢,٠٤
الكيزان الاسطوانية مقابل مستدقة الطرف	٩	الكيزان مستدقة الطرف	٢,٤٨
الكيزان ذات القمة العارية مقابل المملوءة الناعمة	٨	الكيزان المملوءة جيدا فى قمتها	٠,٥٤
الكيزان خشنة الملمس مقابل الصوانية الناعمة	٧	الكيزان الناعمة	٢,٧٧
نسبة التفريط العالية مقابل المنخفضة	٦	نسبة التفريط المنخفضة	٠,٦٥

وعندما تطورت طريقة الذرة الهجين فقد حل الصنف الهجين محل الصنف مفتوح التلقيح فى الولايات المتحدة الأمريكية وتوقف الانتخاب الاجمالى الذى كان يعتبر الطريقة الأولى للتربية.

الانتخاب الاجمالى الشبكى Gridded mass selection (طريقة جاردنر)

ابتداء من الستينات من القرن العشرين تجدد الاهتمام بالانتخاب الاجمالى لكونه ابسط طريقة لتحسين العشيرة ، وبعدما تمكن جاردنر سنة ١٩٦١ فى نبراسكا بالولايات المتحدة من تحوير هذه الطريقة وزيادة فعاليتها فى تحسين المحصول عن طريق تقليل تأثير عوامل البيئة من خصوبة التربة ورطوبتها على التباينات فى المحصول ، وكذلك اعتبار المحصول الهدف الأول فى الانتخاب. ولتقليل تأثيرعوامل البيئة قسم جاردنر القطعة الانتخابية (البلوت) الرئيسية الى قطع انتخابية صغيره subplots (صورة رقم ١٤) متساوية فى المساحة على هيئة شبكة Grid (كانت أبعاد كل قطعة انتخابية صغيره ٣ x ٣,٥ متر لضمان تجانس خصوبة

تربتها والرطوبة بها بقدر الامكان). وزرع فى كل قطعة ٤٠ نبات مع انتخاب أحسن اربعة نباتات محصولا(أى باستخدام شدة انتخابية ١٠٪) على أن تكون النباتات المنتخبة محاطة من جميع الجهات Guarded plants بنباتات أخرى (أى ليس بجوارها نباتات مفقودة) لتقليل الاختلاف فى تأثير الضوء والمنافسة بين النباتات. وكان جاردنر يقوم بتوحيد المعاملات الزراعية المختلفة التى تتعرض لها كل النباتات مثل عدم الاعتماد على الامطار واجراء الرى الصناعى وتوحيد التسميد ومسافات الزراعة....الخ لتقليل تأثير الظروف البيئية الى أدنى قدر ممكن. وكان جاردنر ينتخب اثقل الكيزان وزنا من كل قطعة صغيرة subplot وتخلط بذور الكيزان المنتخبة ثم يستخدم هذه الخلطة لزراعة الموسم التالى ليمارس فيه دورة انتخابية جديدة. وبتكرار تلك الدورات الانتخابية تمكن جاردنر من رفع انتاجية صنف الذرة مفتوح التلقيح Hays Golden بمقدار ٢٩,٧٪ بعد ١١ دورة من الانتخاب الاجمالى المحسن (الشبكى) أى بمعدل تحسين قدره ٢,٧٪ من كل دورة انتخاب اجمالى.



صورة رقم ١٤ : شكل تخطيطى لحقل الانتخاب الاجمالى الشبكى (طريقة جاردنر)

وهناك معايير انتخابية أخرى استخدمت فى التربية بالانتخاب الاجمالى بخلاف المحصول وهى :

أ- النباتات القوية والممتازة فى نموها.

ب- الكيزان الكبيرة الصحيحة (السليمة) حسنة المظهر والتكوين.

ج- الكيزان المأخوذة من نباتات خالية من الأمراض.

د- النباتات ذات مواعيد النضج المرغوبة.

ومن الطبيعى أن يكون الانتخاب الاجمالى فعالا فى تحويرأو تحسين صفات العشيرة التى يسهل تقييمها بالعين المجردة (بمجرد النظر) فمثلا كان الانتخاب الاجمالى فعالا فى تحسين المقاومة لثاقبات كيزان الذرة earworms فى عشيرتين تركيبيتين من الذرة فبعد عشيرة أجيال من الانتخاب الاجمالى نقص عدد الكيزان التالفة بالثاقبات من ٨٠٪ الى ٥٨٪ فى أحد العشيرتين ومن ٦٥٪ الى ٣٩٪ فى العشيرة التركيبية الأخرى.

وفى قسم المحاصيل بكلية الزراعة جامعة القاهرة تم استنباط صنف الذرة "قاهرة١" فى بداية السبعينات بواسطة فريق من الباحثين (النجار وفوزى والحناوى) بقيادة المرحوم الاستاذ الدكتور سيد جلال. وذلك عن طريق اجراء الانتخاب الاجمالى الشبكى لصفة المحصول فى عشيرة انتخابية جهزت لهذا الهدف. فعند اختبار ١١٨ عينة (سلالة) من الذرة المحلية التى جمعت من عند المزارعين الذين يقومون بإكثار تقاويهم لأنفسهم من جميع انحاء مصر (من أسوان الى الأسكندرية) للوقوف على حقيقة تقاوى الذرة الشامية البلدية فى مصر من حيث تباعدها الوراثى وخصائصها الانتاجية والزراعية وقدراتها الهجينية وبعد ثبوت تباينها الشديد فى المحصول وصفات الكوز والحبة...الخ بجانب اختلافها فى القدرة على التآلف العام تم اختيار احسن ١٢ سلالة منها والتى أثبتت أعلى قدرة على التآلف وعملت بينها كل الهجن الممكنة والهجن العكسية (١٣٢ هجين). ثم خلطت اعداد متساوية من بذور كل هجين وزرعت لمدة ثلاثة اجيال وتركت للتلقيح الخلطى الطبيعى لتصل الى درجة مناسبة من الاتزان ثم أجرى الانتخاب الاجمالى الشبكى على هذه العشيرة المتزنة لعدة دورات متتالية واضعين فى الاعتبار الانتخاب للمحصول فقط. وقد نتج عن ذلك الصنف مفتوح التلقيح " قاهرة -١ " والذى تميز بغزارة انتاجه وتأقلمة للظروف المحلية. وقد أعطت الدورات الانتخابية الأولى نسبة تحسين مرتفعة جدا وصلت الى ١٩,٥٪ فى كل دورة انتخابية (النجار سنه ١٩٧١) وقد عزى ارتفاع نسبة التحسين الى :

١ - استخدام عشيرة انتخابية على درجة عالية من التباين الوراثى ومرتفعة الانتاج.

٢ - فصل التباين البينى عن التباين الوراثى الى حد كبير عند اجراء الانتخاب.

٣ - زيادة الشدة الانتخابية فى القطعة الانتخابية الواحدة.

كذلك أدى الانتخاب الاجمالى الشبكى فى الصنف " قاهرة -١ " لخفض ارتفاع الكوز الى حدوث خفض فى هذا الارتفاع مقداره ١١٪ فى الدورة الواحدة (النجار وشبانه وعفاف ١٩٨٩).

٢ - طريقة الكوز للخط Ear - to - row

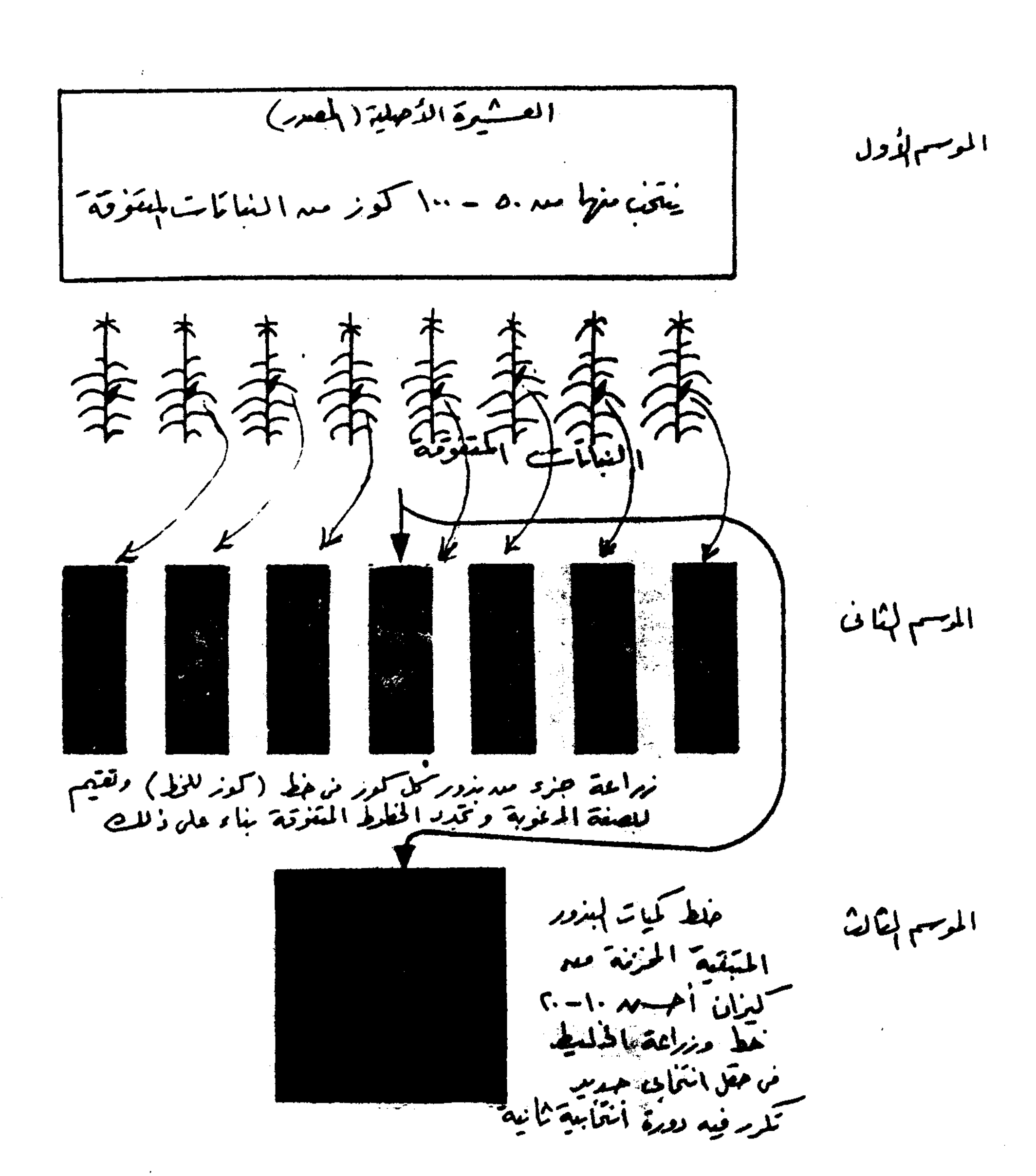
أول من استخدم طريقة الكوز للخط فى تربية الذرة الشامية كان هوبكنز Hopkins فى محطة التجارب الزراعية بولاية الينوى بالولايات المتحدة عام ١٨٩٦ فى الانتخاب لصفتى محتوى البروتين والزيت بحبوب الذرة. وعندما طورت هذه الطريقة بعد ذلك كانت الخطوات الأساسية التى تتبع عند استخدامها هى كالتالى (صورة رقم ١٥) :

أ- انتخاب من ٥٠ الى ١٠٠ كوز ثم تفريط كل كوز على حده ، ثم زراعة جزء من بذور كل كوز فى خط (أى كوز للخط Ear - to - row) والبذور المتبقية من كل كوز تعلم وتخزن منفصله عن بعضها.

ب- تقييم كل خط من حيث الصفة المرغوب الانتخاب لها ويعطى درجة ويتم حصاد محصوله وتحديد الخطوط المتفوقة بناء على ذلك.

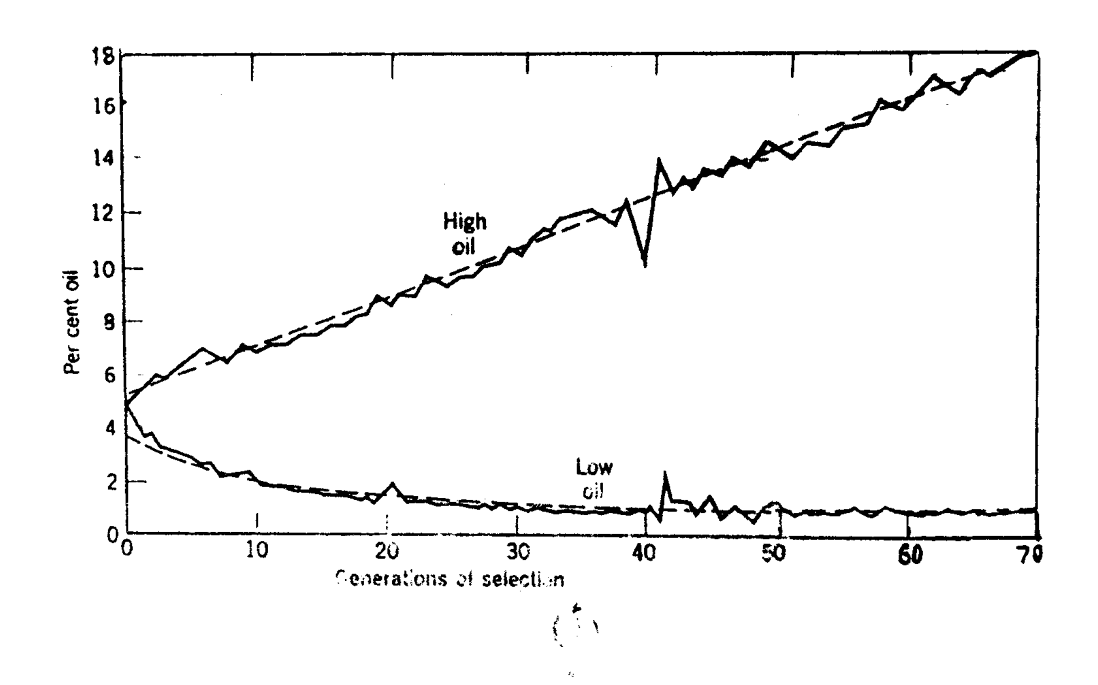
ج- خلط كميات البذور المتبقية المخزنه من كيزان أحسن ١٠- ٢٠ خط متفوق ويستعمل الخليط لزراعة الحقل الانتخابى فى السنه التالية الذى يتم فيه انتخاب كيزان لدورة انتخابية ثانية تكرر فيها نفس الخطوات السابقة.

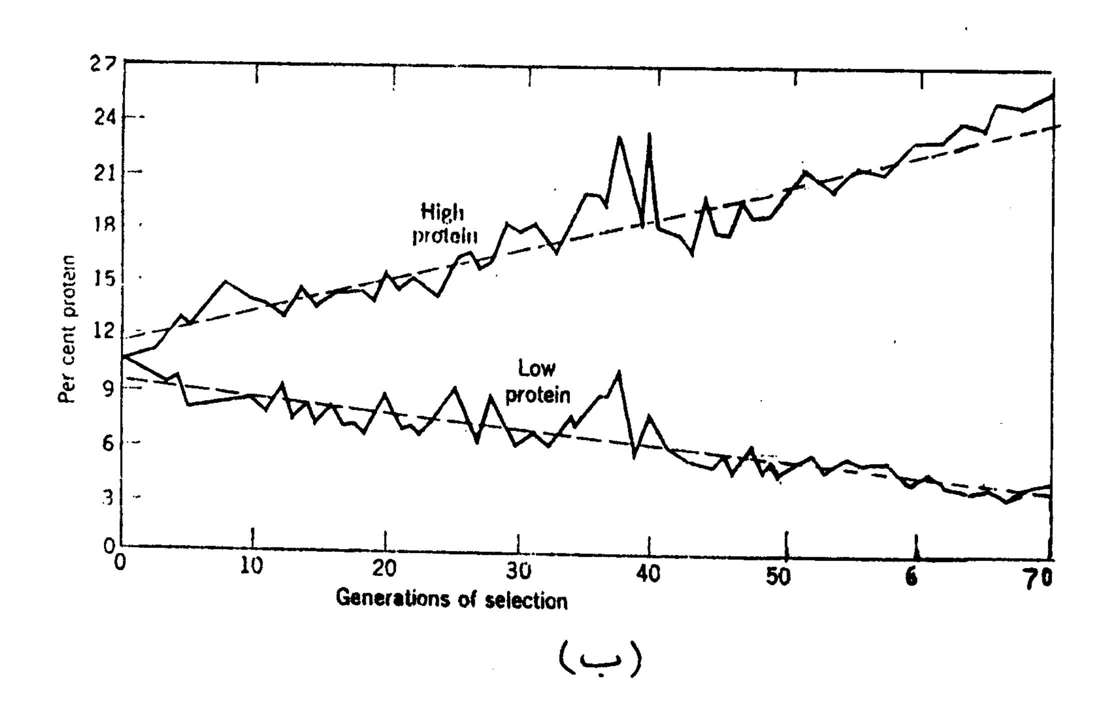
وبعد العديد من سنوات الاختبارات الموسعة أصبح واضحا أن صفات النبات والحبة التى يمكن تقييمها بمجرد النظر يمكن تحويرها بسرعة بطريقة الكوز للخط بنفس الدرجة التى تتحور بها بواسطة الانتخاب الاجمالى. ولقد ثبت فعالية هذه الطريقة فى تغيير نسبة الزيت والبروتين فى بذور صنف الذرة بور وايت Burr White فى الينوى بالولايات المتحدة ، حيث امكن رفع وخفض نسبة الزيت وكذلك رفع وخفض نسبة البروتين فى الحبوب كما يتضح من الرسم البيانى التالى (صورة رقم ١٦ أ ، ب)



صورة رقم ١٥ : طريقة انتخاب الكوز للخط Ear- to- row فى الذرة

فقد كان متوسط نسبة الزيت فى حبوب العشيرة الأصلية للصنف بور وايت ٤,٦٨٪ (بمدى تراوح بين ٣,٧ - ٦٪) وصلت بعد ٧٠ جيلا من الانتخاب بطريقة الكوز للخط للزيت العالى الى أكثر من ١٨٪ وللزيت المنخفض الى أقل من ١٪. وقد استمر ارتفاع نسبة الزيت على مدى الـ ٧٠ جيلا بينما بالنسبة لانخفاض نسبة الزيت فقد كان من الصعب الاستمرار فى خفض النسبه بعد ٢٠ -٢٥ جيلا انتخابيا وذلك نظرا لوجود الزيت فى جنين الحبة حيث انه لا يمكن تنقيص حجم الجنين (وبالتالى محتوى الزيت) عن حد معين مع استمرار الاحتفاظ بحيوية الجنين أما نسبة البروتين فى الحبوب (التى كانت ١٠,٩٪ فى الصنف الأصلى) فقد وصلت الى اكثر من ٢٦٪ بالانتخاب للبروتين العالى ولأقل من ٥٪ بالانتخاب للبروتين المنخفض بعد ٧٠ جيلا من الانتخاب بطريقة الكوز للخط .





(ب)

صورة رقم ١٦ (أ) : تأثير ٧٠ جيل من انتخاب الكوز للخط على محتوى الزيت فى حبه الذرة

(ب) : تأثير ٧٠ جيل من انتخاب الكوز للخط على محتوى البروتين فى حبه الذرة

ولقد لوحظ من هذه التجارب أن كمية التباين الوراثى لم تتأثر فى السلالات الأربعة الناتجة بعد الانتخاب المستمر لفترة طويلة للتركيب الكيماوى للحبة. فلم يؤد الانتخاب الى زيادة أو نقص كبير فى التباين سواء فى السلالات المرتفعة أو المنخفضة الزيت أو البروتين ، ولكن وجد أن الانتخاب للتركيب الكيماوى أدى الى تغيرات فى صفات الكوز والحبوب والنبات. والتأثير الجانبى للانتخاب لتركيب الحبه الكيماوى الذى كان اشد وضوحا هو على محصول الحبوب ، فقد نقص المحصول فى كل السلالات الأربعة لأكثر من نصف محصول الهجن السائدة فى ذلك الوقت.

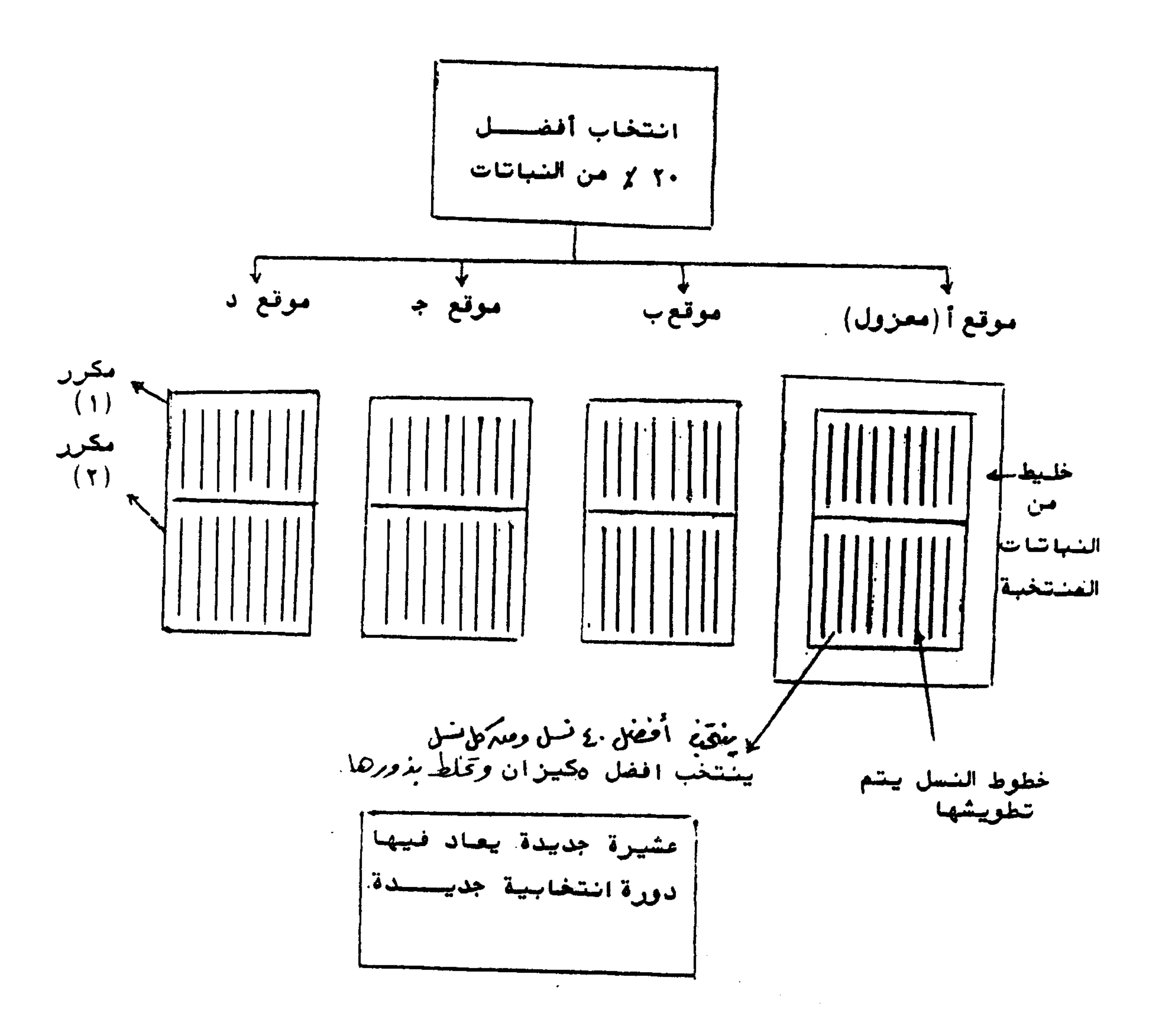
وبالنسبة للصفات التى لايمكن تقييمها بدقة بمجرد النظر فان طريقة الكوز للخط لم تكن فعالة لنفس الأسباب التى أدت لعدم فعالية الانتخاب الاجمالى. وبتحوير طريقة الكوز للخط فى تجارب حديثة تشمل على مكررات لعزل التأثيرات البيئية عن التأثيرات الوراثية أمكن الحصول على زيادات معنوية فى المحصول بهذه الطريقة المعدلة.

طريقة الكوز للخط المعدلة Modified ear - to - row

يتم فيها تقييم الانسال بدرجة اكثر دقة وذلك عن طريق زراعة نسل كل نبات منتخب فى مكررين وفى اكثر من موقع. ويكون أحد هذه المواقع منعزلا عزل زمانيا ومكانيا عن حقول الذرة الأخرى ، ويتم فيه تطويش النوارات المذكرة لخطوط الانسال فى الموقع المعزول وتترك نباتاتها للتلقيح من النباتات المنزرعة حول هذا الحقل والمتكونة من خليط من بذور النباتات المنتخبة من العشيرة الأصلية. وبناء على قيمة متوسط سلوك كل نسل فى جميع المواقع يتم انتخاب افضل الانسال (حوالى ٤٠ نسل). وتنتخب افضل ٥ كيزان من كل نسل وهذه تخلط معا لتكوين العشيرة الجديدة التى يتم اعادة الانتخاب فيها لدورة ثانية وهكذا. ويعطى التقييم فى عدة مواقع الفرصة لتقليل تأثير تفاعل التركيب الوراثى مع البيئة مما يزيد من فعالية هذه الطريقة فى تحسين الصفات (صورة رقم ١٧)

٣- الهجن الصنفية Intervarietal Hybridization

الهجن الصنفية هى عبارة عن هجن بين تراكيب وراثية تمثل صنفين أو اكثر من الأصناف المختلفة مفتوحة التلقيح من الذرة بقصد تجميع جينات الصفات المرغوبة من هذه الأصناف الأبوية ولزيادة التباين الوراثى داخل العشيرة الناتجة ، بالاضافة الى أن الجيل الأول للهجين الصنفى يظهر قدرا من قوة الهجين.



صورة رقم ١٧ : طريقة الكوز للخط المعدلة Modified Ear-to-row

والتهجين بين الاصناف سواء كان مقصودا أو حدث بالصدفة كان مسئولا عن نشأة العديد من الاصناف التجارية من الذرة مفتوحة التلقيح. فالصنف مفتوح التلقيح Reid Yellow Dent الذى كان اكثر الاصناف انتشارا فى الزراعة الأمريكية قبل ظهور الذرة الهجين نشأ بطريقة التهجين بين الأصناف. ففى عام ١٨٤٧ استخدم صنف محلى لترقيع اجزاء من حقل منزرع بالصنف Gordon Hopkins فى ولاية الينوى وأمد المحصول الخليط الذى تم حصاده من هذا الحقل ببذرة الأساس التى انتخب منها الصنف Reid .

وأولى التجارب المحكمة التى عملت لدراسة قيمة التهجين الصنفى فى تحسين الذرة قام بها Beal ونشرها عام ١٨٧٧ وبين أن الهجن المختبره تزيد فى محصولها عن الأبوين بكميات تتراوح بين ١٠٪ -٥٠٪ واقترح بناء على ذلك استعمال الجيل الأول للهجن بين الأصناف فى الانتاج التجارى للمحصول. ووصف Beal كيفية اجراء ذلك بأن يزرع الصنفين الآباء فى خطوط بالتبادل ويتم فى احدهما تطويش النورات المذكرة وتلقيح كيزانه بحبوب لقاح

الصنف الثانى المنزرع فى الخط المجاور. وذكر Beal ان المزارعين يمكن ان يقوموا بأنفسهم بانتاج البذور الهجينية الخاصة بهم فى حقولهم.

وقد تلا نشر نتائج Beal عمل تجارب أخرى مماثلة فى محطات التجارب ووزارة الزراعة الأمريكية وحصل منها المربون على نتائج مماثلة وأوصوا بزراعة الهجن الصنفية. ولقد قام Richey بتلخيص نتائج تجارب المقارنة التى عملت فى محطات التجارب المختلفة والخاصة بالهجن الصنفية والتى بلغ عددها ٢٤٤ تجربة. ولقد اتضح له انه فى ٥٦٪ من هذه المقارنات كانت الهجن تزيد فى محصولها عن أعلا الأبوين. كما أن نتائج روبنسون وآخرون بينت ان ١٢ هجينا صنفيا من ١٥ زادت فى محصولها عن الأب الأعلى بمتوسط قدره ١١,٥٪. ولكن التهجين الصنفى لم يصبح ابدا مقبولا من المزارعين وربما يكون السبب فى ذلك أن هذه الطريقة كانت اكثر تقدما عن الوقت الذى ظهرت فيه.

وبالرغم من ذلك فقد ساعد التهجين الصنفى على ايجاد الكثير من التصنيفات الموجودة حاليا بين طرز الذره فى بعض الدول. وقد أعطى المربون اهتماما اكثر لتهجين أصناف متباعدة وراثيا تشمل هجن بين اصناف تمثل سلالات المناطق الحارة أو بين سلالات مناطق حارة وسلالات حزام الذره حيث ان العشيرة الهجينية الناتجة فى هذه الحالة كانت مصدرا هاما للاتحادات الوراثية الجديدة التى امكن الاستفادة منها فى انتاج اصناف جديدة مفتوحة التلقيح بواسطة الانتخاب الاجمالى ، أو استخدامها كعشيرة أساسية لتنفيذ برنامج انتخاب دورى Recurrent selection ، أو كمصدر للسلالات النقية Inbred lines بعد ذلك. كما افادت الطريقة فى جمع المعلومات الأولية عن ظاهرة قوة الهجين وبذلك شجعت بطريق غير مباشر على ايجاد طرق التربية الحديثة فى الذرة والتى تتخلص فى التربية الداخلية للنباتات مفتوحة التلقيح ثم التهجين بين السلالات.

وفى طريقة الهجن الصنفية حيث يتم تهجين آباء خليطة التركيب الوراثى Heterozygous فان الانعزال Segregation سوف يبدأ فى الجيل الأول الهجينى (F_1) ولذلك يكون من الضرورى اجراء انتخاب لمجموعة النباتات المتفوقة داخل هذه العشيرة الهجينية. ولو كان هدف التهجين الصنفى هو جمع صفات خاصة يمكن تمييزها بالشكل الظاهرى فانه يكون من المرغوب فيه عمل اخصاب ذاتى للنباتات المنتخبة لجيل أو اكثر لتثبيت الصفات المرغوبة فى حالة اصيلة ثم يعاد التهجين بين النباتات الذاتية لاستعادة القوة التى فقدت بالتربية الداخلية أو قد يتم انتخاب مظهرى للنباتات المرغوبة من الـ F_3 أو الـ F_2 وتهجين هذه النباتات مع بعضها ويكرر هذا التهجين لدورتين أو ثلاثة حتى يتم تركيز نسبة عالية من الجينات المرغوبة فى العشيرة.

٤- الأصناف التركيبية Synthetic Varieties

الصنف التركيبى هو عبارة عن صنف نـاتج بالاكثار بطريقة التزاوج العشوائى لهجين متعددMultiple cross وعند إستنباط الصنف التركيبى Synthetic فى الذرة يتم تهجين سلالات التربية الداخلية Inbred lines فى أزواج ثم تهجين أنسال هذه الهجن بطريقة منظمة حتى تدخل كلها فى الهجين النهائى بتكرارات متساوية. ويتم اكثار الصنف التركيبى بواسطة التلقيح المفتوح فى منطقة معزولة أو بواسطة التزاوج العشوائى الناتج عن التلقيح اليدوى. وكذلك يتم اكثار السلالات الآباء حتى يمكن اعادة تركيب الصنف التركيبى فى اى وقت. وقد يتم استنباط الأصناف التركيبية لتكون ذات صفات خاصة مثل التبكير فى النضج أو السيقان القوية stiff stalks أو المقاومة لمرض معين. وقد يستخدم الصنف التركيبى كصنف مفتوح التلقيح فى البلاد النامية التى ينقصها البنيه الأساسية لانتاج وتوزيع الهجن أو قد يخدم كمصدر لاستنباط سلالات التربية الداخلية Inbred Lines. وفى الوقت الحاضر تم بالفعل استنباط عدد من هذه السلالات الممتازة والمستخدمة فى استنباط الأصناف الهجين من أصناف تركيبيه. فمثلا فى الولايات المتحدة تم استنباط العديد من السلالات واسعة الاستعمال مثل N28 , B73 B37 , B14 من صنف تركيبى استنبط سابقا لقوة سيقانه المتميزة " الصنف Stiff - stalked syuthetic ".

والأصناف التركيبية يتم استنباطها لتتفوق فى المحصول على الأصناف مفتوحة التلقيح Open - pollinated varieties ولكنها لا تصل فى انتاجيتها لأحسن صنف هجين فى المناطق التى يتوفر بها هجنا متأقلمة. وقد أمكن الحصول على أفضل تقدم فى تربية أصناف تركيبية عالية المحصول عندما كـان يتم اختبار سلالات التربية الداخلية Inbreds التى تدخل فى الصنف التركيبى على اساس قدرتها على الائتلاف Combining ability. وبهذه الأصناف التركيبية يمكن للمزارع أن يزرع من تقاويه الخاصة وليس من الضرورى شراء تقاوى جديدة كل سنه كما فى حالة الهجن. ولأجل الحفاظ على المستوى الأصلى من قوة الصنف التركيبى فلا بد للمزارع أن يشترى تقاوى جديدة للصنف التركيبى(معاد تركيبها) كل عدة مواسم لأن العشيرة التى استمرفى زراعتها لفترة من الوقت قد تتحول ببساطة الى صنف مفتوح التلقيح وتقل انتاجيتها. وباستخدام طريقة الانتخاب الدورى Recurrent selection فانه يمكن زيادة محصول الصنف التركيبى من خلال عدة دورات انتخابية.

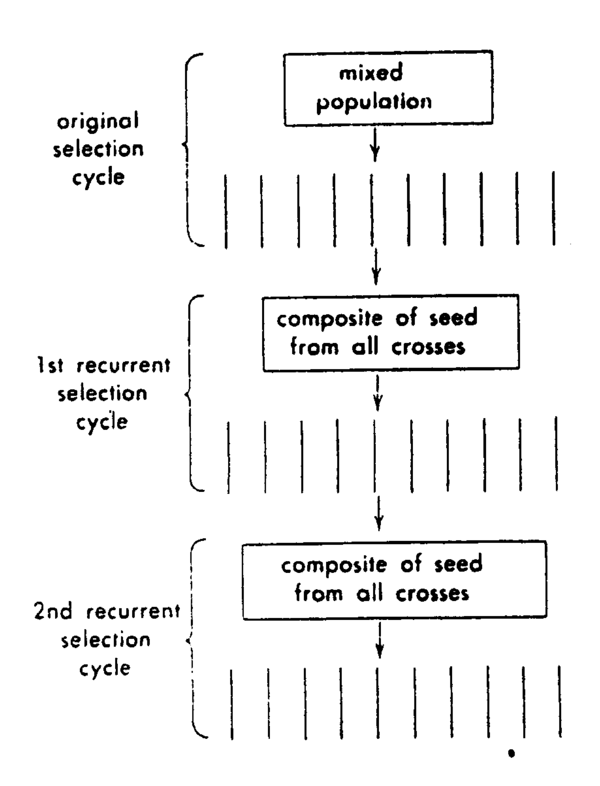
٥- المركبات وأحواض الجيرمبلازم

Composites and Germ Plasm Pools

المركبات وأحواض الجيرمبلازم هى مجموعات من الأصناف مفتوحة التلقيح أو سلالات التربية الداخلية inbreds أو وحدات من المواد الوراثية (جيرمبلازم) الأخرى يتم تجميعها بصوره ما وتستخدم طرق مختلفة لتجميع هذه المواد الوراثية pooling وبصفة عامة فان هذه الطرق أقل دقة من طرق انتاج الصنف التركيبى Synthetic كما ان المواد الأصلية المستخدمة فى المركبات أو أحواض الجيرمبلازم لا يتم الابقاء والمحافظة عليها لاعادة تركيب المركب composite بل ربما يدخل فيها مواد وراثية جديدة . ويتشابه النوعان فى انه يتم الابقاء على كل من الصنف التركيبى و المركب composite أو حوض الجيرمبلازم Germ plasm pool بواسطة التلقيح المفتوح فى مكان منعزل أو بواسطة التزاوج العشوائى الناتج عن التلقيح اليدوى. وقد ركبت العديد من أحواض الجيرمبلازم Pools فى برنامج المركز الدولى للذرة والقمح بالمكسيك (CIMMYT) من مواد وراثية متأقلمة للمناطق الحارة المرتفعة أو المناطق الحارة المنخفضة أو المناخات الدافئة ، حيث هجنت العائلات families الداخلة فى حوض الجيرمبلازم pool فى مكان منعزل وقيمت. وعملت التهجينات بطريقة تسمح بالحصول على تراكيب وراثية جديدة recombinations بين العائلات الأبوية. فزرعت كل عائلة منفصله وطوشت نوارتها المذكرة بحيث انها سوف تخدم كأم أما الأب المستخدم لانتاج حبوب اللقاح والمنزرع بين هذه العائلات فتتكون بذوره من خليط من كل الآباء وبعد التهجين والنضج يتم اختيار أحسن الكيزان من كل عائلة لتعطى بذور الدورة التالية وقد تستبعد بعض العائلات وقد تضاف عائلات أخرى جديدة مع كل دورة. وتختبر البذور الناتجة من العائلات المتفوقة فى التجارب المحصولية فى عدة مواقع وأحسن ١٠٪ من العائلات المتفوقة فى أدائها فى تجارب المحصول هى التى تدخل فى تكوين العشائر المتقدمة وتختبر فى تجارب محصولية فى عدد كبير من الدول التى تتعاون مع برنامج الـ CIMMYT.

٦- طرق الانتخاب الدورى (المتكرر) Recurrent selection

الانتخاب الدورى هو نظام تربيه صمم لزيادة تكرار الجينات المرغوبة الخاصة بالصفات التى تورث وراثة كمية Quantitatively inherited عن طريق دورات متكررة من الانتخاب (صورة ١٨).



انتخب نباتات متفوقة بالنسبة للصفة المطلوب تحسينها واعمل لها اخصابا ذاتيا.

إزرع نسل كل نبات منتخب فى خط وهجن الانسال مع بعضها فى كل التوافيق الممكنه.

انتخب نباتات متفوقة بالنسبة للصفة المطلوب تحسينها واعمل لها اخصابا ذاتيا.

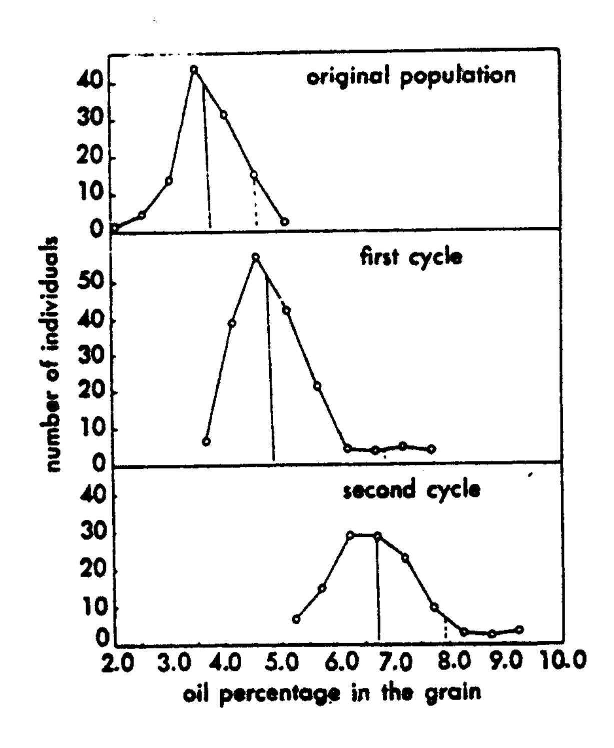
إزرع نسل كل نبات منتخب فى خط وهجن الانسال مع بعضها فى كل التوافيق الممكنه.

انتخب نباتات متفوقة بالنسبة للصفة المطلوب تحسينها واعمل لها اخصابا ذاتيا.

إزرع نسل كل نبات منتخب فى خط

صورة رقم ١٨ : الانتخاب الدورى هو طريقة انتخاب مصممة لتركيز جينات تتحكم فى صفة كمية معينه والمحافظة فى نفس الوقت على قاعدة وراثية عريضة فى العشيرة الناتجة ، حيث تهجن فيها أنسال النباتات المنتخبة (والمنزرعة نسل كل نبات فى خط) مع بعضها فى كل التوافيق الممكنه ثم تخلط كل البذور الهجينية فى مركب يمثل العشيرة الجديدة التى تستخدم بعد ذلك لبداية دورة انتخاب جديدة .

وتتخلص طريقة الانتخاب الدورى فى انتخاب نباتات من عشيرة مختلطة Mixed population تكون متفوقة بالنسبة للصفة موضع الاعتبار. ويتم لهذه النباتات اخصاب ذاتى، وتستعمل البذور الذاتية للزراعة فى السنه التالية بطريقة زراعة نسل كل نبات فى خط (الكوز للخط) ثم تهجن الأنسال الذاتية مع بعضها فى كل التوافيق الممكنه ، وتخلط البذور الهجينية من كل هذه الهجن لتكون عشيرة اجمالية Bulk population لكى يبدأ فيها دورة الإنتخاب الدورى الأولى. ومن هذه العشيرة الاجمالية يعاد انتخاب نباتات متفوقة للصفة موضع الاعتبار، وتستخدم هذه النباتات لتكوين أنسال جديدة (نسل كل نبات فى خط) وتهجن هذه الانسال فيما بينها فى كل التوافيق الممكنه كما سبق، والبذور الهجينيه تخلط لزراعة عشيرة مجملة Bulk ثانية تستخدم لبداية دورة الانتخاب الدورى الثانية. وقد تعاد الدورات بعد ذلك طالما أن هناك تحسينا فى الصفة التى يتم الانتخاب لها (صورة ١٩).



صورة رقم ١٩ : مقارنة نسبة الزيت فى عشيرة تركيبية من الذرة بعد دورة ودورتين من الانتخاب الدورى .

وبالانتخاب الدورى يتحسن المستوى العام للعشيرة بالنسبة لصفة كمية معينه وتختلف عن الانتخاب الاجمالى Mass selection فى أن النباتات المنتخبة تلقح ذاتيا ثم تزرع انسالها وتهجن فيما بينها (فى طريقة الانتخاب الدورى) وبالتالى تدخل فقط جينات من النباتات المتفوقة فى الاتحادات الجديدة Recombinations والنسل الذى يتعرف عليه بأنه متدنى inferior يستبعد من العشيرة. كما تتميز طريقة الانتخاب الدورى بأنه نظرا لامكانية المحافظة على مستوى منخفض من التربية الداخلية فانه يمكن الابقاء على تباين وراثى عالى فى العشيرة وبالتالى تجعل الانتخاب اكثر فعالية لفترة أطول.

والمادة المصدر لبداية الانتخاب الدورى يجب ان تكون عشيرة بها تباينات وراثية كبيرة بخصوص جينات الصفة الكمية المطلوب تحسينها ، وذلك يكون فى الذرة صنفا مفتوح التلقيح أو صنف هجين أو صنف تركيبى Synthetic أو توليفة من كل هذه الأصناف. وتعريض العشائر لظروف التقسية كالجفاف أو البرودة أو المرض (طبقا للهدف من برنامج الانتخاب) يساعد فى التعرف على التراكيب الوراثية المتفوقة فى العشيرة المختلطة، ويمكن ان تحدد الافراد التى حدث بها انعزال متجاوز الحدود Transgressive segregation التى

يعاد توليفها فى الدورة التالية. وعشيرة الذرة المحسنه بالانتخاب الدورى قد تستعمل كمصدر لسلالات (inbreds) جديدة لاستخدامها فى تركيب توافيق هجينيه جديدة.

الانتخاب الدورى البسيط(المظهرى) Simple (phenotypic) recurrent selection

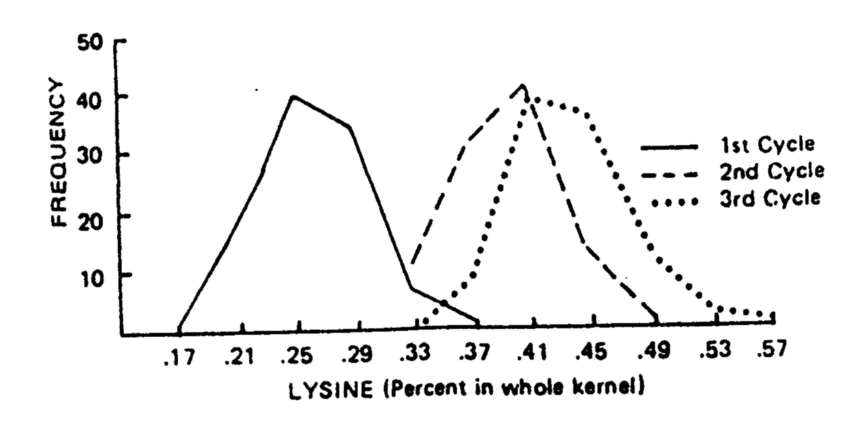
وهذه الطريقة هى التى سبق وصفها فى صورة ١٨ وتسمى ايضا الانتخاب الدورى للجيل الأول الذاتى S recurrent selection. واستخدمت هذه الطريقة فى الذرة بكفاءة كبيرة فى زيادة محتوى الزيت فى الحبه (صورة ١٩) وفى تحسين مقاومة عفن الساق لصنف مفتوح التلقيح (جدول ٧) وفى زيادة محتوى الليسين فى صنف مركب من الذرة (صورة ٢٠).

جدول ٧: درجات الاصابة بعفن الساق
بعد ثلاث دورات من الانتخاب الدورى البسيط فى صنف الذرة الصوانية Lancaster (١)

دورة الانتخاب الدورى	متوسط درجات الاصابة بعفن الساق (٢)
العشيرة الأصلية	٣,٧
الدورة الاولى من الانتخاب الدورى	٣,٠
الدورة الثانية من الانتخاب الدورى	٢,١
الدورة الثالثة من الانتخاب الدورى	١,٧
صنف المقارنة الهجين الفردى المقاوم	١,٢
صنف المقارنة الهجين الفردى المتأثر	٣,٠

(١) عن Jinahyon and Russell عام ١٩٦٩

(٢) تدريج الاصابة كان على اساس ان : ١= مقاوم ... الى ٥ = متأثر



صورة رقم ٢٠ : التوزيع التكرارى للدورة الاولى والثانية والثالثة من الانتخاب الدورى البسيط للنسبة المنوية لليسين العالى فى الحبه فى عشيرة من صنف الذرة مفتوحة التلقيح Logan County Composite .

وفى كل مثال اعتمد الانتخاب على التقييم المظهرى Phenotypic بالنسبة للصفات المتوارثة كميا. فحينما يكون التقييم المظهرى للصفة ممكنا فان الانتخاب الدورى البسيط يكون طريقة فعالة لتحسين مستوى تعبير الصفة فى العشيرة. والعشيرة المحسنه اما ان تزرع مباشرة كصنف مفتوح التلقيح أو تخدم كمصدر لعزل سلالات محسنه فى الصفة تحت الدراسة.

الانتخاب الدورى للقدرة على الائتلاف

Recurrent selection for combining ability

فى برنامج الانتخاب الدورى المصمم لتحسين القدرة المحصولية لا يكون التعبير المظهرى للنباتات الفردية كافيا لكى يخدم كأساس للانتخاب بسبب ضعف نسبة التوريث Heritability لصفة المحصول. حيث أنه من الضرورى فى هذه الحالة تهجين النباتات المنتخبة مع مختبر ما (Tester) ثم تزرع الهجين الاختبارية Test crosses فى تجارب محصولية. وتتخلص الطريقة المستخدمة فى اجراء التلقيح الذاتى للنباتات الفردية وفى نفس الوقت اجراء تهجينها مع المحتبر Tester باستخدام حبوب اللقاح من النبات المنتخب، وتزرع البذور المتحصل عليها بالتلقيح الإختبارى فى تجربة محصولية بحيث ان البذور الذاتية الناتجة من النباتات المتفوقة والمحدودة بواسطة أداء الهجن الاختبارية يتم بعد ذلك خلطها وزراعتها لحدوث تزاوج عشوائى بين نباتاتها وتؤخذ البذور الهجينيه الناتجة وتزرع لبداية دورة انتخاب جديدة. وتتطلب هذه الطريقة جيل اضافى فى كل دورة انتخابية لزراعة التجربة المحصولية

لمقارنة الهجن الإختبارية وذلك بمقارنتها بطريقة الانتخاب الدورى البسيط ويكون اختيار المختبر ذو اعتبار هام. وقد كان يعتقد فى الماضى ان الأب المختبر خليط التركيب الوراثى Heterozygous مثل الهجين الفردى يمكنه ان يحدد الفروق فى القدرة العامة على الائتلاف General combining ability بين الهجن الاختبارية وان الأب المختبر الأصيل فى تركيبة الوراثى Homozygous مثل السلالة النقية (Inbred) سوف يحدد الفروق فى القدرة الخاصة على الائتلاف Specific combining ability. ومع ذلك فقد اوضحت العديد من التجارب الحديثة بأن السلالات النقية مثلها مثل الهجن الفردية فعالة فى تحسين القدرة العامة على الائتلاف فى تجارب الانتخاب الدورى وتقوم بدور آباء مختبرات فعالة. وبصفة عامة يوصى بأن مكون مختبر السلالة عبارة عن سلالة inbred واسعة الاستعمال فى الهجن التجارية. ويؤدى تغيير المختبرات السلالات بعد عدد قليل من دورات الانتخاب الى تنوع الانتخاب للقدرة على الائتلاف.

الانتخاب الدورى المتعاكس Reciprocal recurrent selection

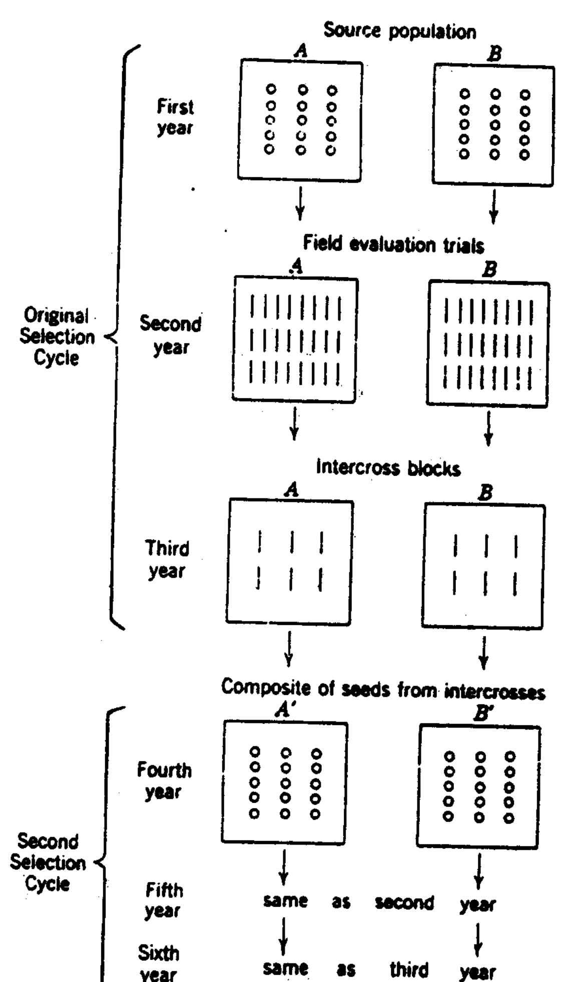
اقترحت طريقة اكثر تعقيدا من الانتخاب الدورى وهى طريقة الانتخاب الدورى المتعاكس (صورة رقم ٢١) . وهذه الطريقة من الانتخاب الدورى تبدأ بعشيرتين غير قريبتين لبعضهما (عشيرة A وعشيرة B) . ويتم عمل اخصاب ذاتى لنباتات من العشيرة A وفى نفس الوقت تهجن هذه النباتات مع العشيرة B (التى تستخدم كأب مختبر Tester لنباتات العشيرة A). وبالمثل يتم عمل اخصاب ذاتى لنباتات من العشيرة B وفى نفس الوقت تهجن مع عشيرة A (التى تستخدم كأب مختبر Tester لنباتات العشيرة B). وتزرع المجموعتان من الهجن الاختبارية Test crosses فى تجارب محصولية. والبذور ذاتية الاخصاب من نباتات العشيرة A التى أظهرت هجنها الاختبارية أداء متفوقا يتم زراعتها ثم يتم التهجين فيما بين نباتاتها الناتجة من هذه البذور الذاتية لتكون عشيرة جديدة (A`). كذلك يتم انتاج عشيرة جديدة (B`) بطريقة مماثلة. وتستعمل العشيرتين الجديدتين (A` , B`) فى بداية دورة جديدة من الانتخاب الدورى المتعاكس ويمكن بعد دورتين أو ثلاث من الانتخاب عزل سلالات Inbreds من كل عشيرة وتهجينها مع بعضها فى توافيق لهجن فردية لاختيار أحسنها كهجين فردى محسن .

والهدف من الانتخاب الدورى المتعاكس هو :-

١- تحسين محصول كل عشيرة من العشيرتين المستخدمتين.

٢- تحسين الأداء الهجينى عند عمل هجن بين سلالة (سلالات) منعزلة من العشيرة الأولى مع سلالة (سلالات) منعزلة من العشيرة الثانية.

وفى دراسة على طرق تربية الذرة فى كينيا سبب اجراء الانتخاب الدورى المتعاكس بهدف تحسين المحصول فى الصنف المركب Kitale Composite A فى احداث زيادات محصولية على مدى فترة قوامها ٦ سنوات بمعدل سنوى قدره ٣,٥ ٪ مقارنة بمعدل سنوى قدره ٢,٦٪ عند استخدام طريقة الكوز للخط. وقد استنتج الباحثون بأن كلا من طريقتى الكوز للخط أو الانتخاب الدورى المتعاكس يمكن ان يكونوا فعالين فى تحسين محصول الأصناف مفتوحة التلقيح ولكن التحسين يمكن ان يتم بدرجة أسرع عند استخدام الانتخاب الدورى المتعاكس.



يتم عمل اخصابى ذاتى لنباتات داخل كل عشيرة وفى نفس الوقت يهجن بين هذه النباتات مع العشيرة الأخرى (عشيرة B تستخدم كمختبر لنباتات A وعشيرة A كمختبر لنباتات B)

تجربتان محصوليتان كل منها تشمل مجموعة من الهجن الاختبارية Test crosses

تزرع البذور الذاتية لنباتات كل عشيرة التى اظهرت هجنها الإختبارية تفوقا ثم يتم التهجين بين نباتاتها لتكوين عشيرة جديدة (B` , A`)

تبدأ دورة انتخابية ثانية بنفس الطريقة السابقة

صورة رقم ٢١ : شكل توضيحى لطريقة الانتخاب الدورى المتعاكس Reciprocal recurrent selection

الانتخاب الدورى بين سلالات الجيل الذاتى الثانى S_2 Recurrent selection

تحسين العشيرة باستخدام الانتخاب الدورى بين سلالات الجيل الذاتى الثانى (S_2 lines) والذى يشاع تسميته بالانتخاب الدورى للجيل الذاتى الثانى S_2 recurrent selection لم يكن كثير الاستعمال فى الماضى مثل بقية الطرق الأخرى المستخدمة فى تحسين العشيرة (جدول رقم ٥) ، ولكن لأن الدليل العلمى كشف بأن غالبيه التباين الوراثى داخل عشائر الذرة يرجع الى النوع التجميعى (المضيف) Additive وأن السلالات النقية عالية المحصول مطلوب الحصول عليها لانتاج هجن فردية بتكاليف معقولة لذا فقد حظيت طريقة الانتخاب الدورى للجيل الذاتى الثانى S_2 recurrent selction باهتمام اكبر فى السنوات الأخيرة وخصوصا وأن هذه الطريقة يمكن أن تسهم مباشرة فى برامج التربية التطبيقية للذرة الهجين. فالانتخاب المتعدد (لأكثر من صفة) يمكن ان يطبق فى هذه الطريقة بين وداخل سلالات الجيل الأول الذاتى (s_1) وسلالات الجيل الذاتى الثانى (S_2) .

وجدول ٨ يعطى وصفا تخطيطا لطريقة الانتخاب الدورى لسلالات S_2 ويمكن فيه تحوير الأنشطة المذكورة فى كل موسم معتمدين فى ذلك على عدد المواسم المتاحة كل عام ، والانشطة التى يمكن تنفيذها خلال كل موسم. ففى المناطق الدافئة فان الانشطة فى مواسم ١، ٤، ٦ يمكن تنفيذها فى حقول أخرى فى غير الموسم المناسب Off - season nurseries .

ويمكن أن يكون هناك تركيز اكبر على الانتخاب بين وداخل سلالات S_1 و S_2 لو انها كانت مزروعة فى مناطق تتأقلم فيها العشيرة وهذا لا يعنى انه لا يكون هناك انتخاب فعال فى الحقول المنزرعة فى غير المواسم بل يمكن ان يطبق الانتخاب لمقاومة الأمراض والحشرات ولكن العشيرة يمكن ان يحدث لها تلف شديد بواسطة الآفات التى لاتكون مستوطنه للمناطق المستهدف استعمالها فيها بعد ذلك. وباستعمال حقول غير المواسم Off - season nurseries يمكن ان تتم دورة واحدة من الانتخاب الدورى لسلالات S_2 فى ٣ سنوات.

جدول ٨ تتابع الأنشطة المستخدمة لتحسين عشائر الذرة باستعمال الانتخاب الدورى لسلالات الجيل الذاتى الثانى S2 recurrent selection

الموسم	نشاط التربية
موسم ١	يعمل اخصاب ذاتى لـ ٥٠٠- ١٠٠٠ نبات منتخب لم يجرى له اخصاب ذاتى من قبل (So) فى العشيرة المختاره للتحسين. يكون من الضرورى استخدام عينه مناسبة لتمثيل التباين الوراثى للعشيرة. يكون الانتخاب أقل ما يمكن بين نباتات الـ So لأن نسبة التوريث منخفضة لمعظم الصفات المطلوب تحسينها. وعادة ما يعمل الانتخاب فى حقل بعيد فى غير الموسم Off-season nursery .
موسم ٢	تزرع بذور سلالات S_1 فى حقول التربية و لتقييم مقاومة الآفات. وعادة ما يكون مكرر واحد كافيا للتصفيه الأولية. وتستخدم طرق صناعيه لأحداث العدوى بالمرض أو الحشرة لتقلل من الهروب من الاصابة وتزيد من نسبة التوريث. ويمكن ان يجرى الانتخاب قبل التزهير لبعض الصفات (مثل المقاومة لثاقبات الذرة الأوربية) ولكن يجب ان يؤخر حتى الحصاد بالنسبة للصفات الأخرى (مثل عفن الساق). يتم عمل اخصاب ذاتى لنباتات الجيل الأول الذاتى (S_1 plants) وعند الحصاد تنتخب نباتات الـS_1 المرغوبة لاجراء اختبارات المحصول فى السنوات التالية.
موسم ٣	(أ) تصمم تجارب محصولية مكرره لسلالات S_2 (حيث يستعمل مكررين وعدة مواقع (٣أو ٤) عندما تسمح كميات البذور بذلك). تجمع وتحلل وتلخص البيانات المأخوذة من التجارب المكرره و ينتخب من ٢٥-٣٥ سلالة تستعمل كآباء لتكوين عشيرة جديدة بالنسبة للدورة التالية من الانتخاب. (ب) السلالات الداخله فى اختبار المحصول يمكن أن تدخل أيضا فى حقل التربية لأجل استعمالها فى برنامج تربية تطبيقى للصنف الهجين ويتم تلقيح ذاتى انباتات الجيل الثانى الذاتى S_2 plants داخل السلالات المرغوبة للحصول منها على جيل الإخصاب الذاتى الثالث S_3 generation.
موسم ٤	يتم التهجين بين السلالات المنتخبة باستخدام بقية بذور الـ S_1 أو الـ S_2 ، ويمكن استخدام طريقة التجميع لحبوب اللقاح فى اجراء التهجين ، ويتم حصاد كل الكيزان الناتجة عن طريق التهجين الصناعى وتؤخذ كميات متساوية من البذور من كل هجين لتكوين تجميعه من ٥٠٠ - ١٠٠٠ بذره ، حيث تعمل تجميعتين تستخدم واحدة منها فى موسم ٥ وتحفظ الأخرى كاحتياطى فى مكان تخزين مبرد فى حالة اذا ما فقدت العشيرة فى الموسم ٥.
موسم ٥	يسمح للعشيرة التى كونت فى موسم ٤ لحدوث التهجين بين نباتاتها ، ويمكن لسلالات الجيل الرابع الذاتى S_4 ان تدخل فى حقل التربية لعمل التربية الداخلية والانتخاب ثانية وكذلك يمكن أن تدخل حقل الهجن الاختبارية لانتاج بذور بهدف تقييم القدرة على الأئتلاف.
موسم ٦	تبدأ دورة جديدة من الانتخاب بعمل اخصاب ذاتى لنباتات So منتخبة من العشيرة التى تم الحصول عليها بواسطة التهجين فيما بين نباتاتها فى موسم ٥.

والقرارات الحاسمة التى تؤدى لنجاح الانتخاب الدورى لسلالات S_2 تختلف من مرحلة لأخرى وتؤثر هذه القرارات على الاستجابة النسبية للعشيرة لعملية الانتخاب فى انها تؤدى لزيادة تكرار الأليلات المرغوبة للصفات المطلوب تحسينها وتعود بالفائدة على السلالات المستنبطة من العشيرة فى برامج التربية التطبيقية للهجن وتشمل تلك القرارات ما يلى :

مرحلة ١ :

١- اختيار العشيرة التى سوف يبدأ داخلها الانتخاب ، ٢- حجم العينة المطلوب ليمثل كل التباين الوراثى فى العشيرة ، ٣- فعالية الانتخاب بين نباتات لم يحدث بها اخصاب ذاتى So plants ، ٤- الصفات التى يتم الانتخاب لها داخل وبين سلالات الجيل الذاتى الأول S_1 lines.

مرحلة ٢ :

١- عدد سلالات الجيل الثانى الذاتى S_2 lines التىستشملها التجارب المكررة ، ٢- عدد التجارب المكررة لقياس الإختلاف بين السلالات ، ٣- عدد السلالات التى تنتخب لعمل التهجينات بينها .

مرحلة ٣ :

١- الطرق التى تستخدم للتهجين ، ٢- كميات البذور المتبقية (سواء بذور الجيل الأول S_1 او الثانى S_2 الذاتى) والتى يجب أن تستخدم فى التهجين ، ٣- عدد أجيال التهجين بين دورات الانتخاب ، ٤- عدد ونوعية طرق عمل العينات خلال التهجين.

وغالبا لا تتوفر المعلومات لعمل قرارات هادئة عن البدائل المتاحة لكل مرحلة وفى بعض الحالات قد لا يمكن تطبيق الاختيار الأنسب بسبب وجود العوائق داخل برنامج التربية فمثلا عينة من ٣٠٠٠ فردا من العشيرة قد تكون أنسب من ٣٠٠ (والذى يبدو انه حد أدنى) الا ان الامكانيات والوقت قد لا تسمح بعمل تصفية للعينة التى تشمل ٣٠٠٠ فردا.

ويجب اجراء كل التهجينات الممكنة بين عدد مناسب من الآباء فى كل دورة انتخابية للحفاظ على التباين الوراثى الكبير من اجل أن يكون الانتخاب بعد ذلك فعالا ، وتتطلب برامج الانتخاب ذات المدى الطويل عددا اكبر من الآباء عن برامج الانتخاب ذات المدى القصير. ففى الانتخاب قصير المدى ربما يكفى ١٠-٢٠ أب بينما قد يكون عدد الآباء ٢٥-٣٠ كنوع من التوفيق بين الانتخاب القصير والطويل المدى. وبالطبع فان عددا اكبر من الآباء اكثر صعوبة فى عمل كل الهجين الممكنة بينه عن عدد أقل من الآباء ولكن العدد الآقل من الآباء

قد يقلل من الاستجابة للانتخاب بسبب حدوث نقص فى التباين الوراثى genetic drift وتأثير التربية الداخلية **Inbreeding** وعادة ما يتم التوفيق فى حدود عقبات برنامج التربية.

ويتوفر العديد من طرق الانتخاب الدورى التى تم استخدامها من قبل وبالرغم من أن اختيار الطريقة قد يكون الى حد ما قرارا شخصيا الا ان مقارنات التقدم النسبى المتوقع من الطرق المختلفة يمكن ان يقدر من استخدام العلاقة التالية :

$$\Delta G = \frac{k c \sigma_G^2}{y \sigma_p}$$

حيث ان G هى مقدار التقدم المتوقع ،

و k هى معامل انتخابى قياسى ،

و c هى معدل التحكم الأبوى للأنسال المستخدمة فى التهجين ،

و σ^2_G هى التباين الوراثى من النوع التجميعى additive بين الانسال المختبرة ،

و y هى عدد السنوات المطلوبة لإكمال دورة واحدة من الانتخاب ،

و σ_p هى الانحراف القياسى المظهرى بين الأنسال المختبرة.

ويمكن حساب التقدم المتوقع بالنسبة لتوافيق مختلفة من المتغيرات التى تشملها المعادلة وتحديد التوفيقة الأحسن من عوامل تعظيم التقدم الوراثى. فيمكن مثلا احداث زيادة فى التقدم الوراثى المتوقع لو ان عوامل البسط فى المعادلة أمكن زيادتها بدون تغيير فى عوامل المقام او باحداث نقص فى عوامل المقام بدون تغيير عوامل البسط. والمثال الواضح على مدى التقدم الذى تحقق من برامج الانتخاب الدورى هو ذلك الذى نفذ فى الصنف التركيبى للذرة Iowa Stiff Stalk Synthetic (BSSS) حيث تكونت عشيرة هذا الصنف من تهجين ١٦ سلالة من سلالات التربية الداخلية Inbreds تتمتع بقوة سيقان فوق العاده وبدأ الانتخاب الدورى فى هذا الصنف BSSS سنه ١٩٣٩. وكانت الاستجابة كبيرة ومستمرة على مدى دورات الانتخاب المتتالية وتم الحصول على سلالات ممتازه اسهمت بعد ذلك بدرجة ملحوظة فى برامج الذرة الهجين بالولايات المتحدة الامريكية. وقد استعملت اربعة سلالات ناتجة من الانتخاب الدورى فى الصنف BSSS استعمالا موسعا فى انتاج الذرة الهجين التجارى خلال الأربعة عقود الاخيرة وهى : B14 , B84 , B73 , B37 .

وقد لخص Russell سنة ١٩٨٥ البيانات المتحصل عليها من اختبار هجن الاربعة سلالات السابقة مع السلالة Mo17 (سلالة مختبر شائعة الاستعمال). حيث جمعت البيانات من ٣٣ بيئة فى ٩ سنوات (جدول ٩). فالسلالة B84 استنبطت من الدورة السابعة للانتخاب الدورى واتيحت للاستعمال سنة ١٩٧٨ والسلالة B73 عزلت من الدورة الخامسة واتيحت

للاستعمال سنة ١٩٧٢ اما السلالتين B37, B14 فقد عزلتا من العشيرة الاصلية BSSS (قبل اجراء الانتخاب). ويظهر الجدول بان الهجين B84 x Mo17 كان اعلى فى المحصول عن الهجين B14 x Mo17 بمقدار ٣٢,٢٪ مما يدل على ان استخدام الانتخاب الدورى يسهم فى احداث تقدم وراثى مستمر فى محصول الاصناف الهجينية الناتجة عن السلالات المنعزلة من العشائر المحسنة.

جدول ٩ متوسط الأداء الزراعى لأربعة سلالات مستنبطه من الصنف التركيبى BSSS تم تقييمها فى ٣٣ بيئة من خلال هجنها الفردية مع السلالة Mo17 (وهى سلالة نقيه متميزه وتستخدم كمختبر)

الهجن الفردية	مصدر الـ BSSS	سنة الاستنباط	الصفات				
			المحصول (q/ha)	رطوبة الحبة (٪)	الرقاد الجذرى (٪)	الرقاد الساقى (٪)	الكيزان الساقطة (٪)
B14 x Mo 17	Co	١٩٥٣	٧٠,٨	٢٠,٤	١٢,٣	٧,٥	١,١
B37 x Mo 17	Co	١٩٥٨	٧٦,٣	٢٢,٥	١٧,٣	١٦,٣	١,٢
B73 x Mo 17	C5	١٩٧٢	٨٣,١	٢٢,٢	١٥,٧	٩,٤	١,٧
B84 x Mo 17	C7	١٩٧٨	٩٣,٦	٢٢,٦	١١,٩	١٠,٨	٠,٩
المتوسط			٨١,٥	٢١,٩	١٤,٣	١١,٠	١,٢
قيمة أقل فرق معنوى على مستوى احتمال ٥٪			٣,٨	٠,٥	٤,٨	٣,٨	-

ثانيا : طرق تربية الذرة الهجين
Hybrid Corn

كانت المحاولات المبذولة لتحسين محصول الأصناف مفتوحة التلقيح من الذرة غالبا ما تدعو للاحباط فبينما كان ممكنا تطوير اصناف مختلفة عديدة او تغيير مظهر الصفات لصنف ما بواسطة الانتخاب ، الا ان رفع القدرة المحصولية الموروثة للصنف زائع الصيت لم يحرز الا تقدما قليلا. ويتركب الحقل المنزرع بصنف ذرة مفتوح التلقيح من كل من النباتات العالية المحصول والمنخفضة المحصول ، وتنتج النباتات عالية المحصول من توافيق لجينات مرغوبة. ولكن نفس توافيق الجينات المرغوبة هذه لا تنتقل كلها الى أنسال النباتات عالية المحصول ، نظرا لان النباتات تخصب بواسطة حبوب لقاح ناتجة من كل من النباتات الجيدة والنباتات الرديئة ، فكل هذه النباتات عالية الخلط Highly Heterozygous. وحتى الوقت التى تطورت فيه فكرة الذرة الهجين لم يكن متاحا طريقة يمكن بواسطتها التحكم فى التركيب الوراثى بدرجة كافية تجعلنا نجد النباتات عالية المحصول فقط نامية وحدها داخل حقل ذرة فردى ، كما انه ايضا فى ذلك الوقت لم تكن طرق الاختبار الحقلية المستعملة متطوره بالدرجة التى تسمح بالتمييز بين التباين الوراثى والتباين البيئى فى المحصول.

تاريخ الذرة الهجين History of hybrid corn

بدأت حقبة جديدة فى تربية الذرة عام ١٩٠٩ عندما اقترح دكتور جورج هاريسون شل G. H. Shull . H.G طريقة لانتاج بذور الذرة الهجين. ففى سنة ١٩٠٨ ذكر دكتور شل فى تقرير له بأن حقلا عاديا من الذرة يتركب من هجنا مركبة كثيرة يمكن ان يحدث لها نقص فى القوة vigor عند تربيتها داخليا Inbreeding . وأن المربى لابد وأن يواظب على الابقاء على احسن التوافيق الهجينية. وكنتيجة لدراساته على التربية الداخلية Inbreeding والتهجين Crossing وضع دكتور شل ١٩٠٩ الخطوط العريضة لخطته التى تشمل :

أ- التربية الدلخلية للحصول على السلالات النقية (سلالات التربية الداخلية).

ب- تهجين السلالات النقية لانتاج توافيق من الهجن الفردية ذات التماثل الشديد مع انتاجيتها المرتفعة.

وقد أدت هذه الخطوات فيما بعد فى احداث ثورة بالكامل فى تربية الذرة . وفى نفس الوقت (عام ١٩٠٩) نشر دكتور إدوارد ايست E . East - الذى كان يعمل فى محطة التجارب الزراعية بولاية أخرى (كونكتيكت) بالولايات المتحدة غير التى كان يعمل بها

دكتور شل – تقريرا له عن التربية الداخلية فى الذرة. وكانت نتائجه مشابهة لنتائج دكتور شل وقد ساهم إيست وتلاميذه مساهمة فعالة فى تطوير طرق تربية الذرة.

وفى البداية ، ظهر ان تكلفة انتاج بذور الذرة الهجين يمكن ان تجعل الطريقة غير قابلة للتنفيذ لان السلالات النقية التى ستنتج عليها البذور الهجين كانت ضعيفة جدا وغير منتجة لمحصول يذكر. وقد تم حل هذه المشكلة سنة ١٩١٨ عندما اقترح دكتور جونز Jones ، الذى كان يعمل مع د. ايست فى ولاية كونكتيكت ، اجراء تهجين بين هجينين فرديين قويين فى النمو وانتاج بذور الهجين الزوجى. وقد أدى هذا الاقتراح لجعل انتاج بذور الذرة الهجين ممكنا من الناحية الاقتصادية ، لأن البذور سوف تنتج على نباتات هجين فردى عالية الانتاجية بدلا من نباتات السلالة الضعيفة. وقد بذل مجهود كبير خلال العشرينات والثلاثينات من القرن العشرين فى تطوير سلالات جديدة وتوليفهم فى هجن فردية وزوجية متأقلمة لظروف حزام الذرة بالولايات المتحدة. كذلك صممت العديد من الدراسات للبحث عن اكفأ الطرق لتربية هجن الذرة بقيادة د. هيز Hayes فى مينسوتا ود. جنكنز Jenkins ود. سبريج Sprague فى أيوا وآخرون كثيرون.

وبحلول الأربعينات أصبحت الذرة الهجين تزرع فى كل حزام الذرة بالولايات المتحدة. وخلال الخمسينات طورت طرق استغلال نظام العقم الذكرى السيتوبلازمى المصحوب بجينات استعادة الخصوبة فى الاستغناء عن عملية تطويش النورات المذكرة Detasseling. وقد اصبح استغلال هذا النظام فى انتاج الذرة الهجين سائدا فى كل العالم تقريبا حتى انتشر وباء مرض لفحة الأوراق فى الذرة المحتوية على السيتوبلازم العقيم. وقد أدى ذلك الى حدوث انقطاع مؤقت لاستخدام هذا النظام حتى أمكن اختبار وتحديد سيتوبلازمات عقيمة جديدة. وحدث ايضا خلال هذه الفترة تحسين مستمر فى قوة نمو وانتاجية السلالات النقية المستخدمة فى انتاج بذور الهجين. وصاحب ذلك أيضا تحسينا فى خصوبة التربة ومقاومة الآفات والعمليات الزراعية الأخرى أدى الى ان انتاجية السلالات قد تحسنت كثيرا الى الدرجة التى يمكن بها انتاج وتسويق الهجن الفردية كما اقترحها فى الاصل دكتور شل. وأدى هذه خلال الستينات والسبعينات الى حدوث تغير تدريجى من انتاج وتسويق الهجن الزوجية الى انتاج وتسويق الهجن الفردية ، مع ما صاحب ذلك من زيادات فى المحصول ، وانتظام فى حقول المزارعين ، وتغيرات فى طرق التربية.

ان أحد الحقائق ذات الاهمية القصوى فى هذا المجال هى ان الذرة الهجين قد تطورت من بحث فى علم أساسى basic science وهو علم الوراثة ، حيث كان د. شل عالم وراثة يعمل فى معهد بحثى تابع للقطاع الخاص بولاية نيويورك ، ولم يكن مربى ذرة. وبدأ شل بحثه عام

١٩٠٤ (أى بعد اربعة سنوات بالتمام من اكتشاف قوانين مندل عن الوراثة فى البسله) وكان د. شل مهتما بتعلم الكثير عن تفاصيل الوراثة فى النباتات ، واختار لدراسته نبات الذرة. وكنتيجة لدراساته والطريقة التى اقترحها فى التربية فان ملايين الأرادب من الذرة تضاف سنويا الى الانتاج العالمى الكلى وهذا هو مثال كلاسيكى عن الاستعمال التطبيقى الذى يمكن ان ينتج عن دراسات اكاديمية فى احد العلوم الأساسية (علم الوراثة).

ما هو الذرة الهجين

الذرة الهجين هو نسل الجيل الأول الناتج من تهجين سلالات نقية (سلالات مرباه داخليا).

خطوات برنامج الذرة الهجين

يشمل برنامج تربية الذرة الهجين الخطوات التالية :

أ – استنباط السلالات النقية (سلالات التوبية الداخلية).

ب – تقييم السلالات.

ج – التنبؤ بمحصول الهجن الثلاثية والزوجية.

د – الانتاج التجارى للبذور الهجين.

أولا :– استنباط السلالات النقية (سلالات التربية الداخلية)
Development of Inbred Lines (Pure Lines)

ما هى سلالة التربية الداخلية Inbred Line

سلالة التربية الداخلية هى سلالة نقية تكونت بواسطة التلقيح الذاتى والانتخاب الى ان يتم الحصول على نباتات أصلية Homozygous . (صورة رقم ٢٢) وعادة ما يتطلب الحصول على هذه السلالة من ٥–٧ أجيال من الاخصاب الذاتى المحكم صناعيا نظرا لأن الذرة محصول خلطى عادة. ويجرى التلقيح الذاتى الصناعى عن طريق تلقيح الحريرة بحبوب لقاح مأخوذة من النورة المذكرة لنفس النبات. وبعد توقف عملية الانعزال ، التالية لعدد متتالى من أجيال التلقيح الذاتي واستنباط سلالة التربية الداخلية ، يتم الابقاء علي هذه السلالة اما بواسطة التلقيح الذاتى Self- pollination أو بواسطة تلقيح الاخوة Sib-pollination (تزاوج نباتات داخل نفس السلالة).



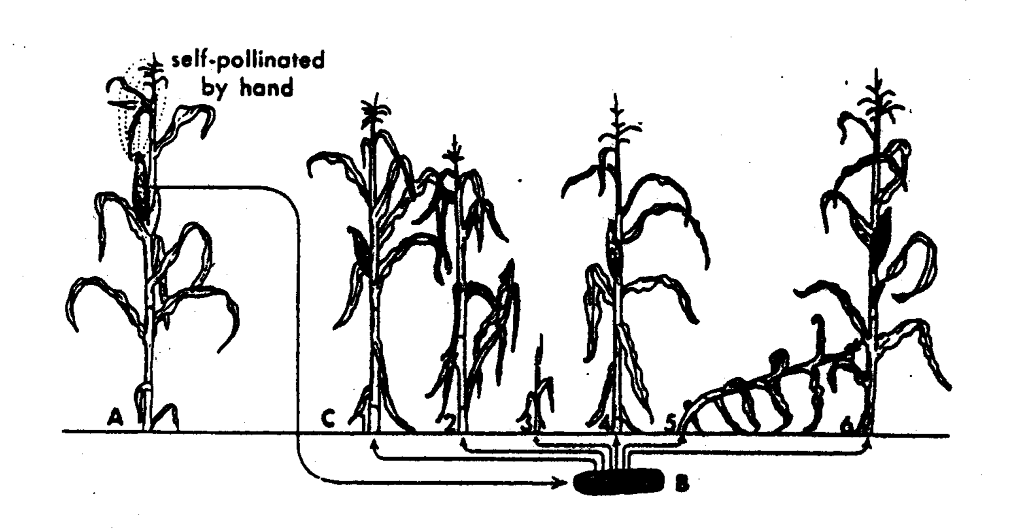
صورة رقم ٢٢: سلالات من الذرة وتختلف السلالات بدرجة كبيرة عن بعضها فى المظهر كما يلاحظ عند مقارنة طراز شبه قزمى (على اليسار) مع طراز عادى (على اليمين) وسلالة التربية الداخلية هى سلالة نقية تشمل داخلها على نباتات فردية منتظمة (متماثلة) فى المظهر والأداء .

وعند استنباط سلالات التربية الداخلية يبدأ المربى بنباتات فردية ذات تركيب وراثى خليط Heterozygous ويعمل التربية الداخلية Inbreeding فى هذه النباتات يحدث انعزال ونقص فى قوة النبات vigor ومع كل جيل من الاخصاب الذاتى يلاحظ نقصا اضافيا فى القوة حتى يتم استنباط سلالة ذات تركيب وراثى أصيل Homozygous (سلالة أصيلة التربية). ويأتى حوالى نصف النقص الكلى فى قوة النبات فى الجيل الأول للاخصاب الذاتى والنقص المتبقى يتوزع بالنصف مع كل جيل تالى من الاخصاب الذاتى بحيث تكون الفقودات صغيرة بعد ثلاثة الى خمسة أجيال (صورة ٢٣).

وبالاضافة لفقد القوة تظهر النباتات الفردية فى الانسال الذاتية العديد من العيوب مثل النقص فى ارتفاع النبات وظهور النباتات الزاحفة والمتفرعة وحدوث الرقاد وتأثر النباتات بالأمراض وتصنيفة واسعة من الصفات الأخرى غير المرغوبة (صورة ٢٤).



صورة رقم ٢٣: النقص فى قوة الذرة نتيجة أجيال متتالية من التربية الداخلية ويمثل So النبات الأصلى الذى أخصب ذاتيا والـ S_1 حتى الـ S_6 الأجيال الذاتية المتتالية .



صورة رقم ٢٤: نبات ذرة تم اخصابه ذاتيا وبجانبه نسله

A = نبات منتخب So من صنف مفتوح التلقيح وأجرى له اخصاب ذاتى (S_0).

B = كوز مأخوذ من النبات الـ So الذى اجرى له اخصاب ذاتى حيث ان الحبوب الموجودة على هذا الكوز تكون قريبة وراثيا لبعضها من جهتى الأب والأم.

C = نباتات جيل الاخصاب الذاتى الأول S_1 حيث حدث انعزال لصفات النبات والكوز فى نسل النبات الذاتى. والنباتات غير المرغوبة (أرقام ٢، ٣، ٥) تستبعد أما النباتات التى تملك صفات مرغوبة (ارقام ١، ٤، ٦) تستعمل لتكرار عمل التلقيحات الذاتية. ويستمر التلقيح الذاتى والانتخاب حتى تصبح السلالة منتظمة ويتطلب ذلك خمسة الى سبعة أجيال.

وتستبعد النباتات غير المرغوبة أما معظم النباتات القوية يتم المحافظة عليها وعمل اخصاب ذاتى لها فى الاجيال التالية. ويلاحظ الفروق الشاسعة بين السلالات مع كل جيل تالى من التربية الداخلية ، أما داخل السلالات فتصبح النباتات اكثر تشابها. وبعد ٥-٧ أجيال من التربية الداخلية والانتخاب الشديد تصبح سلالات التربية الداخلية منتظمة فى المظهر. وكل سلالة تربية داخلية Inbred تكون عبارة عن سلالة نقية Pure line ويكون لديها توفيقة خاصة بها من الجينات ومن ثم فان كل نبات داخل سلالة التربية الداخلية سوف يكون متشابها فى المظهر لكل نبات آخر داخل نفس سلالة التربية الداخلية.

إن الهدف من التربية الداخلية هو تثبيت الصفات المرغوبة فى حالة أصيلة Homozygous حتى يمكن الابقاء على التركيب الوراثى بدون تغيير. والقوة التى فقدت خلال فترة التربية الداخلية تستعاد مرة اخرى فى نسل الجيل الأول (F_1) عندما تهجن السلالة مع سلالة غير قريبة لها. وخلال عملية التربية الداخلية فان العديد من الجينات المتنحية غير المرغوبة والتى تقلل من المحصول والتى كانت مغطاه بأليل سائد فى الصنف مفتوح التلقيح يتم التخلص منها عندما تستبعد النباتات الضعيفة وغير المرغوبة. والصفات المرغوبة للسلالات مثل قوة السيقان ومقاومة الأمراض تنتقل الى الانسال الهجينية عندما تهجن السلالات. ويرمز عادة للنبات الأصلى المخصب ذاتيا بنبات الـ So والنسل الذاتى من هذا النبات بنسل جيل الاخصاب الذاتى الأول (نسل S_1) ، ويسمى نسل جيل الاخصاب الذاتى الثانى بالـS_2 وهكذا.

ويتطلب تكنيك التربية الداخلية الحرص الشديد لمنع حدوث التهجين الطبيعى ، فتغطى الكيزان الموجودة على النباتات المطلوب اخصابها ذاتيا بكيس من الورق الجلاسين قبل يوم او يومين من ظهور الحريرة (صورة ٩).

فعندما تظهر الحرائر وتنثر الشوشة حبوب اللقاح يرفع كيس الكوز لأعلى برفق وتقطع قمة الكوز بسكين حاد أسفل قمة اغلفة الكوز بحوالى ٢-٣ سم ثم يعاد وضع الكيس ثانية على الكوز وفى اليوم التالى سوف تنمو الحرائر للخارج وتكون فرشاه طولها حوالى ٢-٤سم مما يسمح بالتوزيع المنتظم لحبوب اللقاح فوق الحرائر وفى نفس الوقت الذى تقطع فيه الحرائر تغطى النورة المذكرة لنفس النبات بكيس من الورق الكرافت ، وفى اليوم التالى تجمع حبوب اللقاح فى هذا الكيس وتنقل الى حرائر كوز نفس النبات ويتم هذا بواسطة تمزيق قمة كيس الكوز وبسرعة يتم صب حبوب اللقاح فوق الحرائر الطازجة ويجب توخى الحذر لتجنب التلوث بحبوب لقاح غريبة وبعد تعليم الكيس لتحديد النبات المخصب ذاتيا أو لتسجيل اية معلومات هامة يوضع كيس الكوز فوق الكوز ويثبت جيدا حول الكوز لحمايته.

وبصفة عامة يتم تعريف (تسمية) سلالة التربية الداخليـة بواسطة ارقـام أو حـروف أو توفيقة بينهم وغالبا ما تستخدم شفرة Code لتحديد الهيئة المنتجة للسلالة وقد تم استنباط آلاف من سلالات التربية الداخلية فى مختلف برامج تربية الذرة الحكومية التابعة للقطاع الخاص منذ بزوغ فكرة الذرة الهجين وقد وصل عدد قليل جدا من هذه السـلالات المسـتنبطة الـى مرحلـة الانتاج التجارى للذرة الهجين واستبعد معظم السلالات خلال مرحلة الاستنباط أو خلال برنامج اختبار الأداء بسبب ما اظهرته من ضعف خـاص أوبسـبب انهـا لاتتـآلف مـع سـلالات أخـرى لأنتاج هجن ممتازة .

وفى السنين الأولى استنبطت معظم السلالات المستخدمة فى الولايـات المتحـدة الأمريكيـة بواسطة بحوث مدعمة حكوميا تابعة لمحطات التجارب الزراعية أو لوزارة الزراعة الأمريكيـة وبعد أن تطورت شركات بذور الذرة الهجين الخاصة وتوسعت فى برامجها البحثيـة فقد زادت مشـاركتها بـالتدريج فـى هـذه المسئولية وحاليـا تسـتنبط هـذه الشـركات الكثـير مـن السـلالات المستخدمة فى انتاج الهجن التى تسوقها. ومنذ بداية الذرة الهجيـن فقـد اسـتعمل عـدد قليـل مـن السلالات المتفوقة كآباء لنسبة مئويـة عاليـة جدا مـن الهجـن المنزرعـة تجاريـا فـى الولايـات المتحدة الأمريكية. وطبقا لحصرعمل سنه ١٩٧٥ فان ١٢ سـلالة مسـتنبطة حكوميـا هـى التـى استخدمت فى ٤٩٪ من أصناف الذرة الهجين التجارية. أما المعلومات عن السلالات المستنبطة بواسطة بالقطاع الخاص فهى غير متاحة. ولكن ما هو متاح من المعلومات يؤكد علـى القـاعدة الضيقة للموارد الوراثية فى هجـن الـذرة المنزرعـة فـى الولايـات المتحـدة. وبعض السـلالات المستنبطة والتى دخلت فى معظم الهجن على مدى الـ ٥٠ عاما الماضية هى : WF9 , Hy , 38 - 11, L317 , 187 - 2 , M- 14 , W22 , A632 , M017 , B37 , A616 , W64A , Oh43 , B14A , B73.

مواصفات السلالةالجيدة

ان نجاح مربى الذرة فى عملية استنباط السلالة سوف يحدد المردود الذى سـيحصل عليـه فى استنباط هجين جيد. ويجب ان تمتلك السلالات الجيدة خاصتين رئيستين :

(أ) يجب ان تكون السلالة قوية فى نموهـا وعاليـة فـى محصولهـا حتـى يمكـن المحافظـة عليها (اكثارهـا) بطريقـة اقتصاديـة ، واسـتخدامها كـأم (حاملـة للبذورالهجينيـة) فـى عملية انتاج الهجين الفردى.

(ب) يجب ان تسهم السلالة فى انتاجية التوفيقة الهجينية التى ستدخل فيها طالما ان المزارع يزرع الهجين وليس السلالة.

مصادر السلالات

فى البداية كانت السلالات تستنبط من أصناف مفتوحة التلقيح ، ولكن فى الفترة الأخيرة اصبحت السلالات تعزل من مصادر اخرى كثيرة أهمها الأجيال الانعزالية للهجن الفردية أو الفردية المعدلة او الهجن الثلاثية او الهجن الزوجية او الهجن المتعددة او الهجن الرجعية أو الاصناف التركيبية أو المركبات Composites او العشائر المحسنة بالانتخاب الدورى.

طرق عزل السلالات

هناك العديد من الطرق التى اقترحت واستُعملت فى عزل السلالات النقية (المرباه داخليا) سوف نتكلم عنها بشىء من التفصيل فيما يلى :

١- الطريقة القياسية Standard method :

حيث يجرى التلقيح الذاتى لأحسن النباتات الموجودة فى صنف أو أكثر من الأصناف مفتوحة التلقيح أو الهجين لاجراء التربية الداخلية. ويجب أن يتم انتخاب للنباتات الملحقة ذاتيا من حيث القوة والخلو من الأمراض والصفات المرغوبة الأخرى. ولأن كثير من الصفات المرغوبة لا تظهر وقت التلقيح فان النباتات يعاد عليها الانتخاب وقت الحصاد ، وتستبعد أى نباتات بها أى عيب غير مرغوب فيه. وفى العام التالى تنتخب أحسن الكيزان التى حصدت والتى نتجت من التلقيح الذاتى الأول S_1 وتزرع بطريقة الكوز للخط Ear - to - row بمعدل ٢٠-٣٠ نبات فى الخط وبحيث يكون فى الجوره ١-٢ نبات. وعند ظهور البادرات تفحص للصفات غير المرغوبة مثل غياب الكلوروفيل أو النباتات القزمية أو غيرها من الصفات التى قد تظهر بعد نمو واستطالة النبات ، فاذا وجد أن الخط بأكمله يحتوى على مثل هذه الصفات الرديئة استبعد هذا الخط ، اما اذا وجدت بالخط نباتات ممتازة يلقح فيه ذاتيا ٥-٨ نباتات ثم يعاد الانتخاب ثانية على النباتات الملقحة ذاتيا عند الحصاد. ثم يتم فحص معملى للكيزان قبل زراعة العام التالى وينتخب أفضلها. وهكذا تستمرعملية زراعة كوز للخط والتلقيح الذاتى والانتخاب على اساس أحسن النباتات داخل الخط وعلى اساس أحسن الخطوط لمدة ٥-٧ أجيال بعدها تكون هذه السلالات قد أصبحت أصلية وراثيا وثبتت تراكيبها الوراثية بحيث

تعطى نسلا أصيلا صادق التربية يمكن اكثاره واختبـاره للقدرة علـى الائتـلاف Combining ability.

٢- طريقة الجوره الواحدة Single - hill method :

وتختلف هذه الطريقة عن الطريقة القياسية فى انه بدلا من زراعة خط واحد من كل كـوز منتخب فى كل جيل من أجيال التلقيح الذاتى فانه يكتفى بزراعة جورة واحدة من كل كـوز بهـا ثلاث نباتات ، ثم يتم انتخـاب احسن نباتـات فـى الجـورة عنـد الحصـاد. وتمكـن هـذه الطريقـة المربـى مـن زراعـة عـدة آلاف مـن السـلالات فـى الفـدان الواحـد ، كمـا توفـر المجهـود والمصاريف. والأساس العلمى الذى بنيت عليه هذه الطريقة هو أن الاختلافات بين السـلالات (أى بين الجور) تكون اكبر منها داخل السلالات (داخل الجوره الواحدة). وتعتبر هـذه الطريقـة مقبولة فى الأجيال الأولى من التربية لأنها تمكن المربى من التخلص من السلالات الرديئة جدا فى طور مبكر من برنامج التربية.

٣- طريقة الانتخاب المنسب Pedigree selection :

وهذه الطريقة هى الأكثر استخداما الآن لتربيـة الـذرة واثبتـت فعاليـة كبيـرة فـى التحسـين الوراثى للذرة الهجين. وتسمى هذه الطريقة أحيانا انتخاب الدورة الثانية Second cycle وهـى تشابه الطريقة القياسية الا أن العشيرة الأبوية التى تستخدم لعزل السـلالات تكـون عـادة الجيـل الثانى (F_2) لبعض الهجن الفردية الممتازة حيث يختـار سـلالتين نقيتيـن عـاليتين فـى قدرتهمـا الائتلافية ويكملان بعضهما من حيث الصفات المرغوبة كـأن تكـون احدهمـا عاليـة المحصـول والأخرى مقاومة لمرض معين ويتلو ذلك انتخاب التراكيب الوراثية المرغوبة من نباتات الجيـل الثانى ثم تلقيح النباتات المنتخبة تلقيحا ذاتيا وتكرارعملية التلقيح الذاتى والانتخـاب لعـدة أجيـال حتى تصل السلالات الى حالة الأصالة. كما يمكن تنفيذ هذه الطريقة على أى نوع من العشائر. والهدف من طريقة الانتخاب المنسب فـى الـذرة هـو اسـتنباط سـلالات نقيـة لاسـتخدامها كآبـاء لهجن جديدة محسنة. والسجلات الدقيقة فى هذه الطريقة أساسية لتتبع نسب كل تركيبـة وراثيـة خلال كل جيل من أجيـال التربيـة الداخليـة والانتخـاب. ولقـد أدى اسـتعمال تلـك الطريقـة فـى مينسوتا الى الحصول على سلالات قوية مقاومـة للأمـراض تعطـى عنـد تهجينهـا هجنـا عاليـة المحصول مقاومة للرقاد والتفحم.

٤- عزل السلالات الثنائية الأصيلة Homozygous diploids :

وتتخلص فكرة هذه الطريقة فى عزل نباتات أحادية Haploids ثم مضاعفة كروموسوماتها للحصول على السلالات الثنائية الأصيلة Homozygous diploids ويتم عزل النباتات الاحادية بطريقتين:

أ- استخدام تكنيك النباتات الاحادية Monoploid الناتجة بأحد طرق التكاثر اللا اخصابى :-

وتعتمد هذه الطريقة على تلقيح المصدر المراد عزل النباتات الاحادية منه مع سلالات كشافة تحمل أليلات سائدة للون الاندوسبرم البنفسجى أو الأحمر ، كما تحمل فى نفس الوقت عوامل أخرى سائدة للون النبات البنفسجى أو البنى أوأى جينات كشافة أخرى لا يحملها المصدر الأصلى. ثم تفحص الحبوب الناتجة من التهجين ويتم استبعاد الحبوب التى لا تظهر لون الأب المعلم ويستبقى فقط الحبوب الملونة (التى أخصب فيها الاندوسبرم بحبوب لقاح الاب المعلم). ثم تزرع الحبوب الملونة بالمعمل ، ثم تفحص البادرات وتستبعد ذات الجذور الملونة (التى نتجت باخصاب البويضة بحبوب لقاح الأب المعلم) وتنتخب فقط البادرات التى ليس بها اللون. ثم يختبر حجم أوراق البادرة النامية بالنسبة لحجم أوراق الأم الثنائية ، ويستبقى فقط البادرات التى يكون طول الورقة الأولى عليها أقل من نصف مثيلتها على بادرة الأم الثنائية فتكون هى البادرات الاحادية. وأخيرا يجرى فحص سيتولوجى تحت الميكروسكوب على اطراف جذور البادرات ذات الاوراق المختزلة (والتى كانت حبوبها ملونة وجذورها غير ملونة) فاذا كانت تحمل العدد الاحادى للكروموسومات ثبت نهائيا أنها أحادية فتنقل الى الحقل المستديم. وتنتج هذه عادة من التكاثر اللااخصابى ، فينشأ الفرد من بيضة غير مخصبة أومن تكشف احدى خلايا الكيس الجنينى. ويؤدى عزل النباتات الاحادية ثم مضاعفة عدد كروموسوماتها الى الحصول على سلالات نقية أصيلة دون حاجة الى تربية النباتات داخليا لعدة أجيال كما فى الطريقة القياسية ، وفى مدة تقل من ١-٣ سنوات. وذكر Chase بأنه يمكن زيادة نسبة النباتات الاحادية عن طريق :

١- عمل التهجينات بين الأنواع او الأجناس (مثل استعمال حبوب لقاح الكوسة فى تلقيح الذرة).

٢- استعمال أشعة اكس (فوجد أن جرعة ١٥٠٠ر زودت النسبة).

٣- تأخير التلقيح يؤدى الى زيادة النسبة.

٤- استعمال آباء ملحقة معينة تعمل على تنشيط انتاج النباتات الاحادية على الأم .

٥- الانتخاب فى الاصناف المفتوحة التلقيح لهذه الصفة يزيد من نسبة النباتات الاحادية .

كما وجد أن نسبة تحول النباتات الاحادية الى ثنائية تزداد باستخدام تركيز ٠٫٠٥٪ من مادة الكولشسين التى تعمل على مضاعفة المجموعة الكروموسومية.

ب- استخدام تكنيك زراعة المتوك Anther / pollen culture :

وتتميز هذه الطريقة بامكانية الحصول على عدد كبير من النباتات الأحادية Haploids من حبوب اللقاح خلال فترة قصيرة نسبيا من الوقت. وبمضاعفة العدد الكروموسومى لهذه النباتات فانه يمكن الحصول على نباتات ثنائية أصلية Homozygous diploids. وبصفة عامة فان طريقة زراعة المتوك تتخلص فى أخذ المتوك فى طور التتراد Tetrad وزراعتها تحت ظروف التعقيم على بيئة معينة تعمل على دفع حبوب اللقاح للانقسام وتكوين اجنة خضرية أحادية أو تكوين خلايا غير منتظمة تسمى كالاس وهذه عند نقلها الى بيئة أخرى معينة فانها تتحول الى أجنه خضرية أحادية وهذه الأجنة الخضرية يمكن دفعها لتكوين نباتات صغيرة أحادية plantlets عند وضعها على بيئة خاصة ، ثم تنقل بعد ذلك هذه النباتات التى قد تكون أحادية المجموعة الكروموسومية (بعد التأكد من تكون مجموع جذرى وخضرى جيدين) الى التربة ويعمل لها أقلمة (تقسية) لظروف الصوبة ، ثم تترك حتى النضج حيث تتحول بعد ذلك الى نباتات ثنائية أصيلة نتيجة التضاعف الكروموسومى الذى قد يحدث تلقائيا Spontaneous فى الأنبوبة أوفى الصوبة أو صناعيا باستخدام الكولشسين. وقد أمكن لبعض الدول (مثل الصين) استخدام هذه الطريقة فى الذرة الشامية والحصول على سلالات نقية فى فترة لا تزيد عن بضعة شهور. وبعد عمل الاختبارات اللازمة لقدرة هذه السلالات على الائتلاف الهجينى ينتخب أفضلها ويستعمل فى الانتاج التجارى لبذور الذرة الهجين ويوجد حاليا هجنا تجارية فى الصين يدخل فى تركيبها سلالات نقية ناتجة بهذه الطريقة.

طرق تحسين السلالات

هناك طرق لتحسين السلالات الممتازة الموجودة ، والتى قد تكون متفوقة فى معظم الصفات الا انه ينقصها صفة او صفتين. والهدف من هذه الطرق هو تحسين الصفات الناقصة مع الاحتفاظ بكل الصفات المرغوبة. وأهم هذه الطرق ما يلى :-

١ – التهجين الرجعى البسيط Backcrossing

ويستخدم التهجين الرجعى البسيط Simple backcrossing فى تحسين السلالات بدرجة أكبر من استخدام اى طريقة أخرى. وقد نشأ عنها الكثير من السلالات المستخدمة حاليا فى برامج الذرة الهجين. وهذه الطريقة تشبه استعمال التهجين الرجعى فى تحسين المحاصيل الذاتية. ويستخدم التهجين الرجعى عادة فى ادخال جين خاص فى سلالة نقية ممتازة ينقصها هذا الجين. وعادة ما تستخدم فى نقل صفة بسيطة التوارث ، الا انه فى بعض الاحيان تستخدم مع بعض التحويرات فى نقل صفة كمية. والصفة البسيطة يمكن بسهولة نقلها بالتهجين الرجعى البسيط لأن النباتات المحتوية على الأليل المرغوب يمكن تمييزها بسهولة ولا تتأثر عادة بالبيئة ، وبالتالى يمكن ان يستكمل برنامج التهجين الرّجعى فى هذه الحالة فى فترة من الزمن قصيرة نسبيا (من ٣-٥سنوات مع استعمال حقول غيرالموسم). وفى الصفات الكمية قد يكون ضروريا أن يشمل برنامج التهجين الرجعى جيل او جيلين من التهجين (بين النباتات المحتوية على الصفة المرغوبة وانسالها) بين اجيال التهجين الرجعى ، ولذلك يتطلب البرنامج فى هذه الحالة عددا اكبر من المواسم. وفى بعض الاحيان يتطلب الأمر ان يعاد اختبار القدرة على الائتلاف للسلالات المحسنة بالتهجين الرجعى للتأكد من أن قدرتها الائتلافية لم تتغير نتيجة برنامج التهجين الرجعى.

٢ – التهجين الرجعى المزدوج Convergent Improvement :

وهى عبارة عن عملية تلقيح رجعى مزدوج القصد منه تحسين كلا من السلالتين الأبويتين عاليتا القدرة على الائتلاف الداخلتين فى هجين فردى معين. وتشمل الخطوات الاساسية لهذه الطريقة تهجين الجيل الاول للهجين الفردى (أب) مع كل من السلالتين النقيتين (أ) و (ب) على حدة ويكرر ذلك مع الأبوين عدة اجيال متعاقبة فيؤدى تهجين (أب) مع (أ) الى الاحتفاظ بجينات (ب) الممتازة عن طريق الانتخاب. كما يؤدى تهجين (أب) مع (ب) الى تحسين السلالة (ب) بعوامل (أ). واثناء برنامج التهجين الرجعى تنتخب النباتات القوية الحاملة للصفات المرغوبة وتهجن رجعيا. وبعد الانتهاء من التهجين الرجعى لثلاثة أجيال او اكثر تنتخب أحسن النباتات وتلقح ذاتيا جيلين أو ثلاثة حتى تصل الى حالة التماثل الوراثى. ويعمل التهجين الرجعى المزدوج على اضافة جينات سائدة مرغوبة والتى كانت تنقص سلالة أبوية من السلالة الأبوية الأخرى. ويؤدى تكرار التهجين الرجعى مع الانتخاب الى انتاج سلالات أحسن فأحسن من حيث جمعها للعوامل المرغوبة فى سلالة واحدة.

٣- الانتخاب الجاميطى Gamete Selection :

وتعتمد هذه الطريقة على عزل الجاميطات الممتازة من الاصناف مفتوحة التلقيح بدلا من عزل الزيجوتات الممتازة ، حيث ان نسبة حدوث الجاميطات الممتازة تكون اعلى من الزيجوتات الممتازة (فلو فرض أن نسبة حدوث الجاميطات الممتازة = ٨/١ فان نسبة حدوث الزيجوتات الممتازة = ٨/١ x ٨/١ = ٦٤/١).

وتتخلص هذه الطريقة فى التهجين بين احد الاصناف مفتوحة التلقيح كأب مع سلالة نقية ممتازة الصفات (Elite) ، ثم زراعة حبوب الجيل الأول الهجين الناتجة (F_1) ، والتى يكون كل نبات منها محتويا على جاميطة مماثلة لكل النباتات ، انتقلت اليه من السلالة النقية ، بينما ورث الجاميطة الأخرى من الصنف مفتوح التلقيح الأب ، بمعنى ان هذه النباتات سوف تختلف عن بعضها فقط فى الجاميطة التى انتقلت اليها من الصنف الأب. وبعد ذلك تلقح كل من هذه النباتات (الـ F_1) ذاتيا ، وفى نفس الوقت تهجن قميا مع كشاف مناسب. وكذلك تزرع السلالة النقية الممتازة الأم وتهجن قميا مع نفس الكشاف ، ثم يقارن بين نواتج التهجينين القميين فى تجارب محصولية ، فإذا زاد محصول اى نبات (Inbred x Variety x Tester) عن محصول (Inbred x Tester) اعتبر هذا دليلا على أن هذا النبات يحتوى على جاميطة ممتازة أخذها من الصنف مفتوح التلقيح تمتاز على تلك التى أخذها النبات من السلالة الممتازة. وبعد ذلك تجرى التربية الداخلية بالطريقة العادية أى بالتلقيح الذاتى والانتخاب لأحسن النباتات التى أثبتت تفوقها فى الجيل الأول.

ثانيا – تقييم السلالات النقية

Evaluation of Inbred Lines

ان استنباط السلالات النقية لا يشكل مشكلة بالمقارنة بالتعقيد الذى يحدث عند مقارنة أوتقييم هذه السلالات. ويتم الحكم النهائى على أى سلالة عن طريق مظهرها فى التراكيب الهجينية. ويتم تقييم السلالات بعدة طرق أهمها :-

١ – الانتخاب خلال أجيال التربية الداخلية

يفيد الانتخاب خلال اجيال التربية الداخلية فى اكثر من غرض ، فهو يساعد على استبعاد السلالات التى ليس لها قيمة تجارية أو ذات قيمة محدودة ، كما انه ذو فعالية عالية فى تحسين السلالات بخصوص القوة العامة والنضج ومقاومة الأمراض أو الحشرات ، حيث ان كل من هذه الصفات لها دور هام فى ملاءمة السلالات لانتاج الهجن التجارية. ونظرا لان الهجن الفردية هى الاكثر استعمالا كهجن تجارية فانه من المهم ان السلالة تنتج محصول بذور جيد. لذا فان تجارب المحصول احيانا ما تجرى فى الأجيال المبكرة من التربية الداخلية (S_1 او S_3)، حتى يمكن تحديد السلالات ذات القدرة المحصولية الجيدة فى الأطوار المبكرة من استنباط السلالة النقية. وقد بينت الدراسات بأنه ليس هناك ارتباط بين صفات السلالة وبين قدرتها على التألف الهجينى مع سلالة اخرى. ولكن بصفة عامة بينت الدراسات ان السلالات النقية الأكثر قوة تتجه لأن تعطى هجنا أكثر قوة. كما أنه ينصح أثناء فترة التربية الداخلية والانتخاب بأن تعرض السلالات لعدد كبير من الاختبارات مثل الأمراض والحشرات والجفاف والبرودة ، حيث يمكن بواسطة هذه الاختبارات انتخاب السلالات التى تعطى سلوكا جيدا تحت عدد كبير من ظروف التقسية البيئية.

٢ – الاختبار المبكر للسلالات Early testing

فى السنوات الأولى لاستخدام طرق تربية الذرة الهجين اتبع فى اختبار السلالات نفس الطريقة التى اقترحها Shull عام ١٩٠٩ والتى تتخلص فى عمل كل الهجن الفردية الممكنة بين السلالات المراد اختبارها ثم زراعة كل هجين فردى فى خط على حدة لتقدير محصوله وبذلك يمكن تقدير قدرة السلالة على الإئتلاف Combining ability من متوسط محصولها فى كل الهجن الفردية التى تدخل فيها. واستمر الحال على ذلك حتى ازدادت عدد السلالات

المستنبطة فى كثير من محطات التجارب ، فأصبح ينظر الى تلك الطريقة فى الاختبار على انها طريقة غير عملية ، لانها تستدعى بذل مجهود ضخم وزراعة مساحات كبيرة من الأرض حتى يمكن اختبار كل الهجن الفردية الممكن عملها بين الاعداد الكبيرة من السلالات. لذلك بدأ مربو الذرة يبحثون عن طرق أسهل وأرخص لعمل اختبار القدرة على الائتلاف. وقد اقترح Jenkins سنة ١٩٣٥ استعمال التلقيح القمى Top crosses مع صنف مفتوح التلقيح ككشاف للقدرة على الائتلاف فى الاجيال الأولى للاخصاب الذاتى او حتى قبل الاخصاب الذاتى (على نباتات S_0) ، نظرا لأن تلك الطريقة تساعد المربى على استبعاد حوالى ٥٠٪ من مجموع السلالات تحت الاختبار ، دون خوف من فقد بعض السلالات المهمة. وقد بين Sprague & Tatum عام ١٩٤٢ أن التلقيح القمى مع الصنف مفتوح التلقيح يعطى فكرة عن قيمة السلالات من حيث قدرتها الائتلافية العامة General combining ability والتى عرفها بأنها متوسط سلوك السلالة فى التراكيب الهجينية التى تدخل فيها ، فى حين أن الهجن الفردية تعتبر طريقة لاختبار القدرة الائتلافية الخاصة Specific combining ability والتى تقيس سلوك هجين فردى معين بالنسبة لمتوسط الهجن. وفى كل الدراسات السابقة ثبت وجود علاقة وثيقة بين محصول السلالات فى الهجن الفردية والهجن القمية مع الصنف تسمح بالتنبؤ بمحصول السلالة فى الهجن.

ومن نتائج التجارب على الاختبار المبكر للسلالات بعمل التلقيح القمى لها مع كشاف وجد ما يلى :-

١- أن اول اختبار لقدرة السلالات الجديدة على الائتلاف يكون بتهجينها قميا مع أب كشاف غير متجانس وتركيبه الوراثى خليط Heterogenous heterozygous لأخذ فكرة عن القدرة العامة على الائتلاف. ويعقب ذلك عمل اختبار ثانى للسلالات التى ثبت تفوقها فى الاختبار الاول للكشف عن القدرة الائتلافية الخاصة لتلك السلالات بتهجينها قيما مع سلالة نقية أو هجين فردى (ككشاف ذو قاعدة وراثية ضيقة) .

٢- من المرغوب فيه ان يحمل الصنف الكشاف صفات متنحية أصيلة لسهولة الكشف عن قدرة هذه السلالات والتمييز بينها.

٣- يفضل استعمل كشافين على الأقل لاختبار السلالات الجديدة حتى يحصل المربى على معلومات أوفى عن هذه السلالات ،ويمكنه مقارنتها ببعضها .

٤- أن يجمع الكشاف بين سهولة الاستعمال والقدرة على اعطاء أكبر قدرممكن من المعلومات عن السلوك المنتظر للسلالات المختبرة .

٥- ينصح بزيادة تكرار تجارب تقييم الهجن القمية فى اكثر من منطقة أو لأكثر من موسم أو لكليهما للسماح بتقييم التفاعلات بين التركيب الوراثى والبيئة وتحديد السلالات التى تعطى هجنا ثابتة فى آدائها فى العديد من البيئات.

٦- ثبوت أن القدرة العامة للائتلاف لسلالة ما يمكن أن تقيم عن طريق التهجين مع كشاف ضيق القاعدة مثل السلالات الممتازة elite inbreds أو الهجن الفردية الممتازة أوضح انه ليس من الضرورى تصمييم اختبارات تصفية أوليه للتهجين القمى باستعمال كشافات خليطة heterogeneous فغالبا ما تهجن السلالات مع مجموعة من السلالات المختبرات (الكشافات) ويستعمل متوسط أداء انسال الهجن القمية لقياس القدرة على الائتلاف.

وفى دراسة حديثة للنجار وآخرون (١٩٩٥) أثبتت المعايير الاحصائية المستخدمة ان المختبرات (الكشافات) ضيقة القاعدة الوراثية (السلالات النقية) اكثر قدرة عن المختبرات عريضة القاعدة الوراثية (الأصناف والعشائر المفتوحة التلقيح) فى التفريق بين سلالات التربية الداخلية المستنبطة حديثا من حيث قدرتها على الائتلاف العام، بجانب انها تظهر مباشرة السلالة التى تعطى معها قدرة خاصة عالية على الائتلاف ، بجانب انها تستطيع فى وقت مبكر اظهار الهجين الفردى المتفوق وخروجه الى التطبيق. وقد جاءت المختبرات متوسطة القاعدة الوراثية (الهجن الفردية) فى مركز متقارب مع المختبرات الضيقة (وبين الضيقة والعريضة) من حيث كفاءتها فى التمييز بين السلالات وامكانية تمييز الهجين الثلاثى المتفوق فى مرحلة مبكرة من برنامج التربية. كما أثبتت هذه الدراسة ايضا أن الكشاف المتباعد وراثيا عن السلالات المختبرة اكثر كفاءة فى التفريق بين السلالات من حيث قدرتها العامة على الائتلاف عن الكشاف القريب وراثيا للسلالات .

ثالثا – التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية والثلاثية

ان عدد الهجن الفردية Single crosses والثلاثية 3-way crosses والزوجية Double crosses التى يمكن عملها من عدد (ن) من السلالات النقية يمكن حسابها بالتعويض فى المعادلة العامة : = |ن / (|ر |ن-ر)

حيث ان ر = عدد السلالات الداخلة فى الهجن

= ٢ فى الهجين الفردى، ٣ فى الهجين الثلاثى ، ٤ فى الهجين الزوجى

وبالتعويض نتحصل على المعادلات التالية :

$$\text{عدد الهجن الفردية} = \frac{ن(ن-١)}{٢}$$

$$\text{عدد الهجن الثلاثية} = \frac{ن(ن-١)(ن-٢)}{٢}$$

$$\text{عدد الهجن الزوجية} = \frac{ن(ن-١)(ن-٢)(ن-٣)}{٨}$$

ولذلك نجد ان عدد الهجن يزداد بزيادة عدد (ن) من السلالات. ولهذا السبب فانه ليس من الممكن انتاج وتقييم كل الهجن الممكنة الثلاثية أو الزوجية حتى بين عدد قليل من السلالات. فمن عشرة سلالات نقية يمكن عمل ٤٥ هجين فردى بينما عدد الهجين الثلاثية التى يمكن عملها من نفس هذه السلالات العشرة يكون ٣٤٠ وعدد الهجن الزوجية يكون ٦٣٠. وبالطبع فان هذا العدد كبيرجدا ، فاذا أمكن انتاجه يكون من الصعب اختباره فى تجارب حقلية. لذلك كان من الضرورى ايجاد طرق يمكن بها التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية او الثلاثية قبل انتاجها والاكتفاء بعمل اختبار للهجن التى يتنبأ بتفوقها فى المحصول. ويعزى الفضل فى نجاح استعمال طرق التنبؤ بالمحصول الى تجارب Jenkins التى نشرها عام ١٩٣٤ واستنتج منها ان الطريقة التى تحسب محصول الهجين الزوجى من متوسط محصول الهجن الفردية الأربعة غير الأباء هى أفضل الطرق في التنبؤ بمحصول الهجين الزوجى. وعليه فان المحصول المتنبأ به للهجين الزوجى (أ x ب) x (ج x د)

$$= \frac{\text{محصول } (أ x ب) + (أ x د) + (ب x ج) + (ب x د)}{٤}$$

وذكر جنكنز فى تفسيرذلك انه بالنسبة لكل هجين زوجى تتحد جينات كل سلالة مع جينات السلالتين الموجودتين فى الهجن الفردى المقابل ، بمعني انه فى الهجين الزوجى (أ x ب) x (ج x د) فان عوامل السلالة (أ) تتحد مع عوامل السلالتين ج ، د وعليه فيهمنا محصول (أ x ج) ،(أ x د) ، وبالمثل تتحد عوامل السلالة (ب) مع عوامل السلالتين ج ، د وعليه فيهمنا محصول (بx ج)، (بx د) ولذلك فان متوسط الهجن الفردية الأربع غير الأبوية أج، أد ،ب ج، ب د ، يعطى تقديرا معقولا لمحصول الهجين الزوجى (أ x ب) x (ج x د). وقد أيدت نتائج البحوث التى أجريت بعد ذلك فعالية طريقة Jenkins للتنبؤ وشاع استعمالها بعد ذلك فى

محطات تربية الذرة الهجين ، ليس فقط بالنسبة للتنبؤ بالمحصول بل أيضا لبعض الصفات الأخرى كنسبة الرطوبة عند الحصاد وارتفاع الكوز على النبات.. الخ.

ونظرا لتأثير البيئة على نتائج المحصول الفعلى وانحرافه عن المحصول المتوقع فانه يجب تكرار الاختبار الفعلى للهجن التى تنبأ بتميزها لأكثر من منطقة أولأكثر من موسم اولكليهما قبل ان يسمح بانتاجها تجاريا وتوزيعها على الزراع. هذا ويمكن اتباع نفس الطريقة للتنبؤ بمحصول الهجين الثلاثى (أ x ب) x ج من المعادلة التالية :

محصول (أ x ب) x ج = [محصول (أ x ج) + (ب x ج)] / ٢

تمرين على التنبؤ بمحصول الهجن الزوجية :

عند اختبار الهجن الفردية الممكن عملها بين ٤ سلالات نقية وجد أن محصولها الفعلى كان كالتالى :

الهجن الفردى	أ × ب	أ × ج	أ × د	ب × ج	ب × د	ج × د
المحصول (بالأردب/فدان)	٣٠	١٦	١٨	٢٢	١٩	٢١

احسب المحصول المتوقع للهجن الزوجية (أ x ب) x (ج x د) ، (أ x ج) x (ب x د) ، (أ x د) x (ب x ج)

الحل

(أ x ب) x (ج x د) = (١٦ + ١٨ + ٢٢ + ١٩) / ٤ = ٧٥ / ٤ = ١٨ ٣/٤

(أ x ج) x (ب x د) = (٢٠ + ١٨ + ٢٢ + ٢١) / ٤ = ٨١ / ٤ = ٢٠ ١/٤

(أ x د) x (ب x ج) = (٢٠ + ١٦ + ١٩ + ٢١) / ٤ = ٧٦ / ٤ = ١٩

مســــــألـــــة :-

احسب من المثال السابق المحصول المتوقع للهجن الثلاثية : (أ x ب) x د، (ب x ج) x أ ، (ج x د) x ب ، (أ x ب) x ج ، (ب x ج) x د ، (ج x د) x أ ، (أ x ج) x ب ، (أ x ج) x د ، (ب x د) x أ ، (ب x د) x ج ، (أ x د) x ب ، (أ x د) x ج .

ترتيب السلالات فى الهجن

وجد ان لترتيب السلالات فى الهجن الفردية تأثير جوهرى على المحصول الفعلى والمتنبأ به للهجن الزوجية. وقد أثبتت الدراسات انه لو كان الهجين الزوجى الذى يشمل ٤ سلالات اثنين منهما (أ ، ب) معزولتين من مصدر ما والسلالتين الأخريتين (ج ، د) من مصدر اخر فان افضل هجين زوجى من حيث المحصول والتجانس فى الصفات يكون عندما يجمع الهجين الفردى الواحد بين السلالتين الناتجتين من مصدر واحد أى الهجين الزوجى (أ x ب) x (ج x د).

النقص فى محصول الاجيال الانعزالية للهجن

يجب على المزارع شراء تقاوى الجيل الأول للصنف الهجينى كل عام لزراعة الهجين حيث ان محصول نباتات الجيل الثانى والأجيال الانعزالية الأخرى تنقص عن محصول الجيل الأول بنسب تختلف حسب عدد السلالات الداخلة فى تركيب الهجين. وقد وجد Neal عام ١٩٣٥ ان النقص فى محصول الجيل الثانى للهجن الفردية والثلاثية والزوجية فى الذرة الشامية يتمشى مع المعادلة التى أقترحها Wright عام ١٩٢٢ من تجاربه على خنازير غينيا وهى :

$$F_2 = F_1 - \frac{1}{N}(F_1 - p)$$

بفرض ان F_2 , F_1 هى محصول الجيل الأول والثانى على الترتيب

، P = متوسط محصول السلالات الأبوية.

، N = عدد السلالات التى يتكون منها الهجين.

وبذلك فانه من المنتظر (على اساس هذه المعادلة) ان ينقص محصول الجيل الثانى للهجن الفردية والثلاثية والزوجية بمعدل ٥٠ ٪ ، ٣٣,٣ ٪ ، ٢٥ ٪ على الترتيب من الزيادة

التى يزيدها محصول كل من هذه الهجن عن الآباء لاحتوائهم على ٢ ، ٣ ، ٤ سلالات نقية على الترتيب.

رابعا - انواع الهجن والانتاج التجارى لها

مما سبق نجد ان الصنف الهجين فى الذرة هو عبارة عن بذرة الجيل الأول (F_1) للتهجين بين سلالتين نقيتين او اكثر. فاذا كان الصنف هجين بين سلالاتين أ ، ب يسمى هجين فردى Single cross واذا كان الصنف ناتج من تهجين هجين فردى (أ x ب) وسلالة (ج) يسمى هجين ثلاثى Three - way cross لأنه يشمل ثلاثة سلالات ، واذا كان الصنف يشمل أربع سلالات أ ، ب ، ج ، د فانه يسمى هجين زوجى Double cross وهوناتج بالتهجين بين هجينين فرديين مثل :

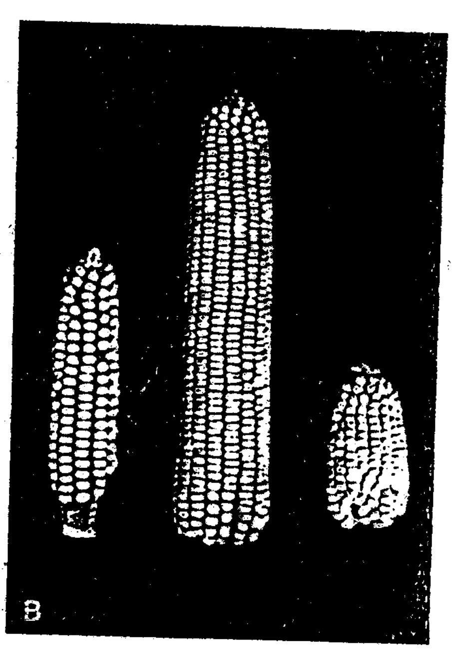
(أ x ب) x (جx د) او (أ x ج) x (ب x د) أو (أ x د) x (ب x ج).

أولا : الهجن الفردية

الهجين الفردى هو النسل الهجينى الناتج من التهجين بين سلالتين متباعدتين (صورة رقم ٢٥). والسلالات المستخدمة يفترض ان تكون أصيلة وراثيا Homozygous لذلك فان نباتات الهجين الفردى تكون خليطة وراثيا Heterozygous ، عند كل المواقع التى تختلف فيها السلالتين. ويستعيد الهجين الفردى المتفوق القوة والانتاجية التى فقدت اثناء التربية الداخليةو يكون اكثر قوة وانتاجية عن الأب الأصلى الذى استنبطت منه السلالات كما فى الصورة التالية (رقم ٢٥) :

وليست كل التوافيق الهجينية بين السلالات تعطى هجن فردية متفوقة ولكن فى الحقيقة فان التوافيق التى تعطى هجن متفوقة فى الانتاجية تكون قليلة او نادرة. ويجب اولا اختبار توافيق السلالات بالنسبة لقدرتها الائتلافية Combining abitity حتى نحدد أى التوافيق النافعة فى انتاج بذور الهجن. وتعرف الزيادة فى قوة هجين فردى معين عن متوسط السلالات الأبوية بظاهرة قوة الهجين Hybrid vigor او الـ Heterosis . ونظرا لأن كل النباتات داخل الهجينالفردى الواحد تحمل نفس التركيب الوراثى فانها تكون متماثلة فى النضج والمظهر. ويتوقف استعمال اى من السلالتين كأب أو كأم على اى من هاتين السلالتين التى تنتج كمية وافرة من اللقاح واى منهم التى تمتلك المقدرة المحصولية الأعلى.





صورة ٢٥: قوة الهجين فى الذرة .يظهر فى الصورة على اليمين(B) كوز هجين فردى F_1 وحوله كوزين من آبائه السلالات - وفى الصورة على اليسار(A) يظهر نبات هجين فردى الـ F_1 وحوله نباتات السلالتين الأبويتين.

وقد تزرع الهجن الفردية لانتاج الذرة التجارى اوقد تستخدم كآباء لانتاج الهجن الثلاثية. ففى الهجين الفردى يتم انتاج البذور الهجينية على سلالة ما. وقديما كانت السلالات المتاحة ليست بالقوة الكافية لانتاج بذور بكميات تجعل الانتاج التجارى لبذور الهجين الفردى ممكنا من الناحية الاقتصادية. وغالبا ما كانت الحبوب الناتجة على السلالة النقية صغيرة فى الحجم او غير منتظمة الشكل. ولكن السلالات الحديثة أصبحت اكثر قوة وانتاجية عن المستنبطة قديما ، وتحسن فيها حجم الحبوب وشكلها. وهذه التغيرات مكنت منتجى البذور من تسويق بذور الهجين الفردى للمزارعين. ولأن الهجن الفردية متماثلة وراثيا فان نباتات الهجين الفردى فى حقل المزارع تكون متماثلة فى المظهر والنضج وعالية فى المحصول ، مما يجعل الهجين الفردى جذابا لأن يزرعه المزارع.

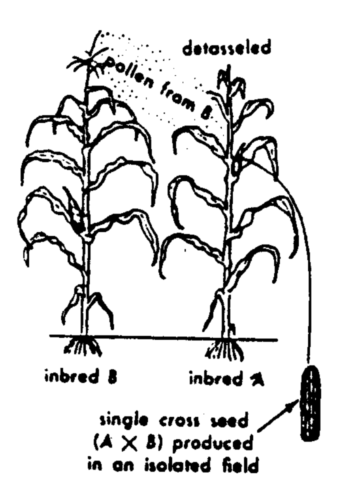
وللانتاج التجارى لبذور الهجين الفردى تزرع السلالتين اللتين سوف تهجنان فى خطوط منفصلة فى حقل معزول بنظام خط أب وأربعة خطوط أم (١ : ٤) (صورة رقم ٢٦). وفى هذا النظام تكون ٢/١ خطوط الأمهات مجاورة لكل خط أب ملقح. وهناك نظام آخر يستعمل ايضا بكثرة وهو ١ : ٢ : ١ : ٤ وفيه يكون ٣/٢ خطوط الامهات مجاورة لخط أب ملقح.

وعادة يزال تماما خط الأب الملقح بعد التلقيح لمنــع اختـلاط الحبـوب عنـد الحصـاد ، وتطـوش خطوط الأمهات أو يمنع فيها انتاج حبـوب اللقـاح باسـتعمال العقـم الذكـرى السـيوبلازمى. ولـو استعمل العقم الذكرى يجب ان يحتوى الأب الملقح على جينات معيدة للخصوبة.



صورة رقم ٢٦:حقل انتاج بذور الهجين الفردى منزع بنظام خط أب واربعة خطوط أم (٤:١) حيث طوشت خطوط الأمهات

ونسل الهجيــن الفـردى النـاتج مـن تهجيـن سـلالتين أ ، ب يكتـب أ x ب والشـكل التـالى (صورة ٢٧) يوضح كيفية انتاج بذور الهجين الفردى تجاريا.



صورة ٢٧ :- انتاج بذره الهجين الفردى ، حيث تطوش السلالة الأم (أ) وتلقح بالسلالة (ب) وتزرع بذره الهجين الفردى الناتجة بواسطة المزارع.

ثانيا : الهجن الفردية المعدلة Modified Single Crosses

والهجين الفردى المعدل هوالنسل الهجينى الناتج من هجين ثلاثى يستخدم نسل هجين بين سلالتين قريبتين كأم وسلالة متباعدة كأب ملقح كما فى الصورةرقم (٢٨).

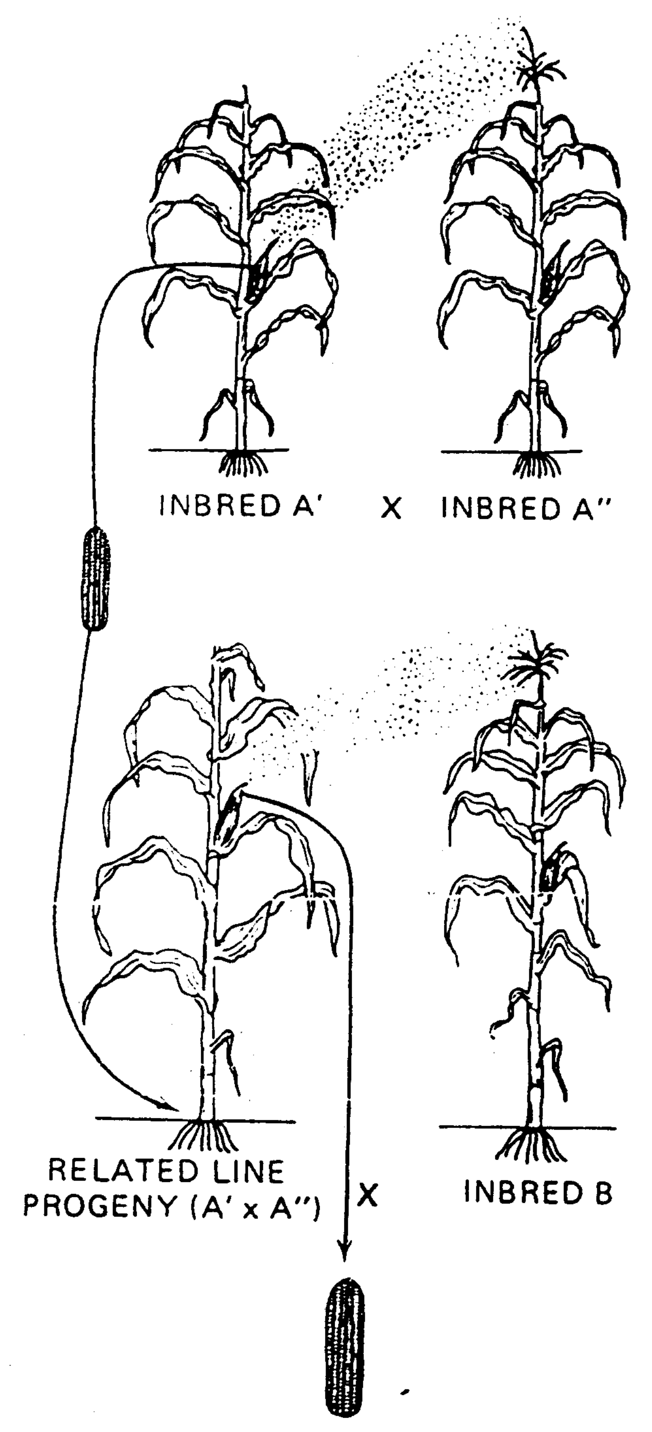
وتعمل الهجن الثلاثية بنفس الطريقة ما عدا ان الثلاثة سلالات تكون كلها متباعدة عن بعضها (غير متقاربة وراثيا) والسلالتين القريبتين أ ، أ" تكونان متشابهتان وراثيا بخصوص شكل النبات ولذلك يكون هناك أقل ما يمكن من الانعزالات للصفات النباتية سهلة التمييز فى نسل هجينهم (أ أ") ويكون الاختلاف الوراثى الى الحد الذى يظهر فيه قوة هجين للقوة والمحصول. ولأن نسل الهجين (أ أ") يعطى محصولا من البذور أعلا من كلا من السلالتين أ أو أ" على حدة فان هذا الهجين يستخدم كأم فى الهجين الفردى المعدل ويكون هذا الهجين الفردى المعدل مماثلا فى مظهره فى حقول الزراع للهجين الفردى الناتج من احد السلالتين أ أو أ" مع السلالة ب .

ويتم انتاج بذور الهجين الفردى المعدل على خطوتين :

أ- تهجين السلالتين القريبتين(أ) ،(أ") لانتاج بذور الهجين(أ أ").

ب- تهجين الهجين (أ أ") مع السلالة غير القريبة (ب) لانتاج بذور الهجين الفردىالمعدل.

وتفاصيل كل خطوة تتشابه جوهريا مع التفاصيل التى وصفت بالنسبة لانتاج بذور الهجين الفردى. فلو ان البذور تنتج بواسطة التطويش فانه يتم تطويش السلالة (أ) فى التهجين الأول وتطويش الهجين الفردى (أ أ") فى التهجين الثانى. ولو استخدم العقم الذكرى السيتوبلازمى للاستغناء عن التطويش فانه يتم ادخال كروموسومات السلالة (أ) داخل سيتوبلازم عقيم عن طريق التهجين الرجعى وبالتالى سوف يكون الهجين الفردى أ أ" حاملا للسيتوبلازم العقيم.



صورة رقم ٢٨: انتاج بذور الهجين الفردى المعدل ، حيث يعمل هجين فردى بين سلالتين قريبتين أ ، أ" ويطوش نسل الهجين أ x أ" وتلقح كيزانه من حبوب لقاح السلالة (ب) والبذور الناتجة من الهجين الأخير (أ x أ") x ب هى التى يستخدمها المزارع فى الزراعة.

ويجب ان تحتوى السلالة أ" على صفات متنحية لاستعادة الخصوبة (غير معيده للخصب) اما السلالة الأب الغير قريبة (ب) فى التهجين الثانى فانها لابد ان تحمل جينات سائدة لاستعادة الخصب. ويستخدم الهجين الفردى المعدل لزيادة كمية تقاوى الهجين التى تسوق للمزارعين وبذلك يقل تكلفة التقاوى ويصبح سعرها أرخص من تقاوى الهجين الفردى العادى. وعادة ما يكتب نسل الهجين الفردى المعدل الناتج من السلالات أ ، أ" ، ب كالآتى :
(أ x أ") x ب .

ثالثا : الهجن الثلاثية Three- way crosses

الهجن الثلاثى هو النسل الهجينى الناتج من التهجين بين هجين فردى وسلالة نقية. والهجين الثلاثى يختلف عن الهجين الفردى المعدل فى ان كل السلالات الثلاثه تكون غير متقاربة وتكون نباتات الهجين الثلاثى اكثر تباعدا من الناحية الوراثية واقل تماثلا فى المظهر عن نباتات الهجين الفردى. وتكون خطوات انتاج الهجين الثلاثى مماثلة لتلك المستعملة فى الهجين الفردى المعدل وتقل قوة الهجين التى تظهر فى الهجين الثلاثى عن تلك التى تظهر فى الهجين الفردى حيث أن اعلا هجين فردى محصولا يزيد عن اعلا هجين ثلاثى من نفس مجموعة السلالات. ويكتب نسل الهجين الثلاثى الناتج من السلالات أ ، ب ، ج كالآتى :

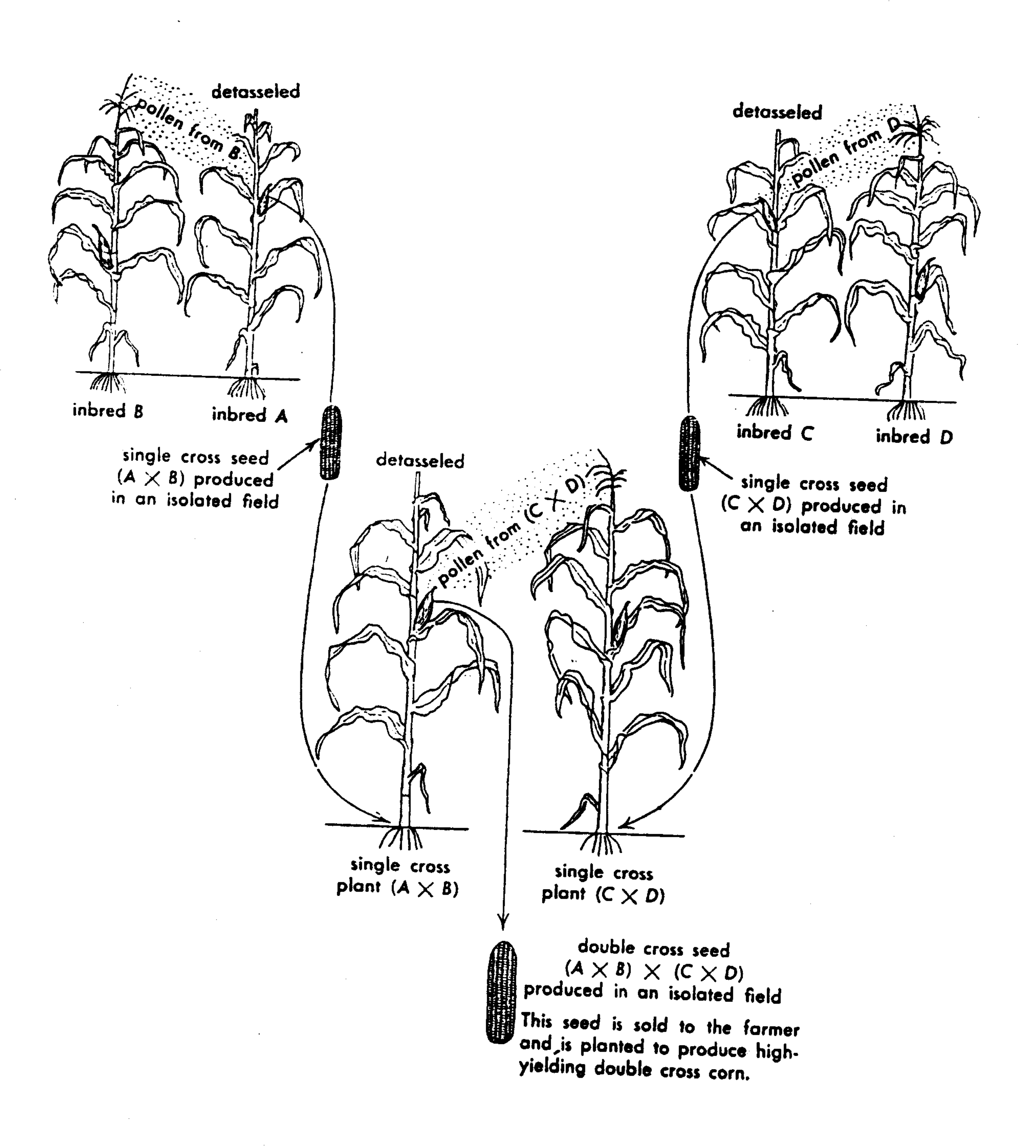
(أ x ب) x ج .

رابعا : الهجن الزوجية Double crosses

الهجين الزوجى هو النسل الهجينى الناتج من هجين بين هجينين فرديين. ويشمل الهجين الزوجى أربع سلالات غير متقاربة وراثيا، حيث تهجن السلالات فى ازواج لانتاج هجينين فرديين وهذه بالتالى تهجن لانتاج الهجين الزوجى كما فى الصورة رقم ٢٩.

وتنتج بذور الهجين الزوجى على نبات هجين فردى يتم تلقيحه من هجين فردى ثانى. ويكتب نسل الهجين الزوجى الناتج من السلالات أ ، ب ، ج ، د كالآتى :(أ x ب) x (ج x د)

ويتم هنا زراعة ٧ حقول لاكثار تقاوى الهجين الزوجى (٤ حقول للسلالات وحقلين لانتاج الهجن الفردية وحقل لانتاج الهجين الزوجى) بالمقارنه بثلاثة حقول فى الهجين الفردى وخمسة حقول فى الهجين الثلاثى. وزيادة الحقول فى انتاج تقاوى الهجين الزوجى تزيد من التكاليف والجهد المبذول.



صورة ٢٩: انتاج الهجن الزوجية من الذرة الهجين باستخدام طريقة التطويش التقليدية.

ومنذ حوالى عام ١٩٦٠ تم بالولاياتَ المتحدة استبدال تدريجى للهجن الزوجية ليحل محلها الهجن الفردية او الهجن الفردية المعدلة او الهجن الثلاثية. و بالتالى فانه فى الوقت الحالى لا تشكل مساحة الهجن الزوجية الا نسبة بسيطة جدا من مساحة الذرة الهجين الكلية فى الولايات المتحدة. والهجن الزوجية ليست متماثلة المظهر مثل الهجن الفردية ولاتنتج محصول عالى مثلما تنتج احسن الهجن الفردية من نفس مجموعة السلالات. وقد كان يعتقد فى الماضى ان التباين الوراثى الأكبر للهجن الزوجية يعطيها تأقلما أوسع وثبات محصولى اكبر عن الهجن الفردية ولكن الهجن الفردية المنتجة حاليا تظهر تماثلا مع الهجن الزوجية فى هذا الخصوص ، بالإضافة الى انها اكثر تماثلا فى المظهر وأعلا محصولا.

خامسا : هجن اخرى

هناك نوعين آخرين من الهجن هى الهجن القمية والهجن المتعددة :

أ- الهجن القيمة Top crosses

الهجين القمى هو النسل الهجينى الناتج من تلقيح كيزان سلالة ما بلقاح عشيرة معينه يتصف بانه لقاحا خليطا من الناحية الوراثية. وقديما كانت الهجن القمية تنتج بتلقيح سلالة نقية بصنف مفتوح التلقيح ، وكانت تسمى احيانا بهجن السلالة بالصنف. وفى الوقت الحاضر فان اكثر الهجن القمية استعمالا هى تلك الناتجة من تلقيح سلالة بهجين فردى.

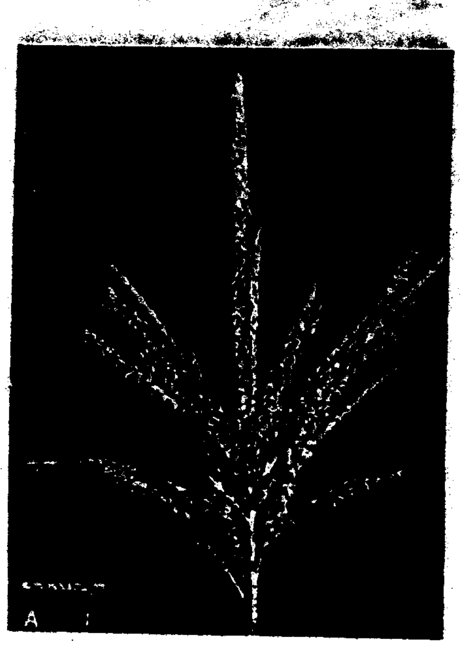
ب - الهجن المتعددة Multiple crosses

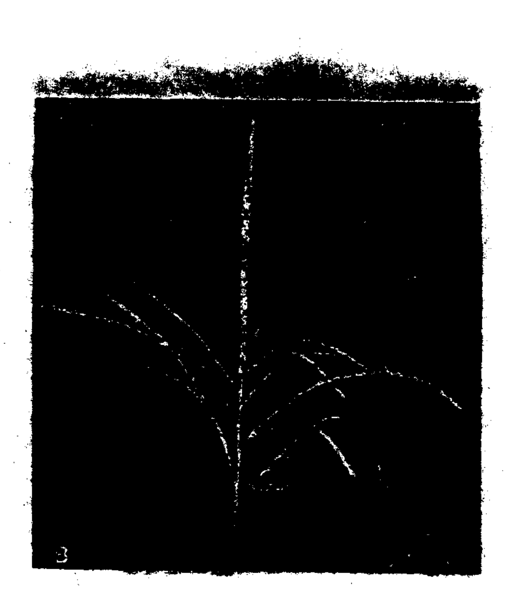
هى الهجن الناتجة من أى توفيقة هجن باستعمال اكثر من اربعة سلالات.

استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى انتاج البذور الهجين

قبل الخمسينات كانت تستخدم الطريقة التقليدية فى انتاج البذور الهجين عن طريق تطويش خطوط الأمهات والتى تتلقح بعد ذلك من خطوط الأباء الملقحة. حيث كان يتم تطويش سلالة واحدة عند انتاج بذور الهجين الفردى وتطويش سلالة وهجين فردى عند انتاج الهجين الثلاثى وتطويش سلالتين وهجين فردى عند انتاج الهجين الزوجى.

وفى الخمسينات بدأ استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى (Cms) ليحل حل التطويش فى الذرة (صورة رقم ٣٠) . وذلك يرجع الى إكتشاف طراز ثابت من العقم الذكرى السيتوبلازمى مع جينات معيده للخصوبة استعادة كاملة ، لندرة العمالة ، وتقليل تكاليف التطويش ، ولكفاءة طريقة العقم في الحصول على نسبة عالية من البذور الهجينية ، ولتقليل الضرر الذى يحدث للنباتات من عملية التطويش. وكان أحسن انواع العقم السيتوبلازمى واكثرها استعمالا هو النوع التكساسي الذى حصل عليه من صنف الذرة Mexican June ، والذى عرف بـ cms - T . وكانت الخصوبة تستعاد للنباتات بواسطة جينين سائدين معينين للخصوبة Rf_2, Rf_2. فكان الجين Rf_2 موجودا فى العديد من سلالات حزام الذرة الأمريكى . لذلك كان مطلوبا ادخال جين الـRf_1 في السلالات لتحويلها لسلالة معيدة للخصب.





صورة رقم ٣٠: العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الذرة .A = نورة مذكرة لنبات ذرة خصب الذكر ، لاحظ المتوك التى خرجت من الأزهار المذكرة .B = نورة مذكرة لنبات ذرة عقيم الذكر

وغالبا تعطى جينات Rf_1, Rf_2 استعادة كاملة للخصب للسيتوبلازم العقيم التكساسى cms - T، بالرغم من انه فى بعض الظروف البيئية القاسية كدرجات الحرارة المرتفعة والرطوبة المنخفضة يكون مطلوبا جينات محورة اضافية لمنع العقم الجزئى. ولكن بعد ذلك اكتشف ان سلالات الذرة التى تحمل سيتوبلازم عقيم تكساسى cms - T كانت سهلة الاصابة بلفحة الأوراق المتسببة عن الفطر Helminthosporium maydis ، حيث انتشرت عام ١٩٧٠ بدرجة وبائية لأن اكثر من ٩٠٪ من الذرة الهجين كان يحتوى على الـ cms - T.

ولذلك توقف استعمال هذا العقم الذكرى السيتوبلازمى بعد عام ١٩٧٠ ورجع منتجوا بذور الذرة الهجين الى الطريقة القديمة لتطويش خطوط الأمهات. وفى نفس الوقت ظهرت مصادر جديدة من العقم الذكرى السيتوبلازمى (وحددت لها جينات معيدة للخصوبة) لم تكن قابلة للاصابة بالسلالات المعروفة من المسبب المرضى السابق ذكره. وبدأ منتجوا البذور الهجين مرة ثانية يستعملون باحتراس المصادر الجديدة من العقم الذكرى بخلطها مع البذور الناتجة من التطويش.

ويتم تحويل السلالات النقية الخصبة الى سلالات عقيمة السيتوبلازم بتهجينها بمصدر العقم ثم عمل عدة اجيال من التهجين الرجعى ، مستعملين السلالة النقية كأب رجعى ، بشرط ألا تحمل السلالة جينا معيدا للخصب بالنسبة لهذا النوع من السيتوبلازم العقيم. اما السلالات التى سوف تستعمل كآباء ملقحة فيجب اضافة الجينات المعيدة للخصب لها بتهجينها ايضا مع مصدر هذه الجينات ثم يتبع ذلك عدة تهجينات رجعية مع استعمال السلالة كأب رجعى.

انواع السيتوبلازمات عقيمة الذكر فى الذرة

لوحظ وجود العقم الذكرى السيتوبلازمى فى الذرة الشامية عدة مرات. ومن هذه المصادر تم تحديد ثلاثة مجموعات من السيتوبلازمات حسب نظام استعادة الخصوبة عند اختبارها بواسطة مجموعة شائعة من السلالات ، وهذه السيتوبلازمات هى : cms-T, cms-C, cms-S وتتم التفرقة بين هذه السيتوبلازمات الثلاثة فى الذرة بواسطة جينات استعادة الخصب فى السلالات 115 3 , W23 , TR طبقا لما هو مبين فى جدول رقم (١٠) .

وبالرغم من أن الذرة ذات السيتوبلازم التكساسى cms-T تصاب بالسلالة T من الفطر المسبب لمرض لفحة أوراق الذرة، فان الذرة ذات السيتوبلازمات من نوعى cms-S,cms-C تكون مقاومة للسلالة T من الفطر نفسه. ويتم استعادة الخصوبة للسيتوبلازم cms-S بواسطة

جدول ١٠ :- التمييز بين السيتوبلازمات العقيمة فى الذرة طبقا لاستعادة الخصب بواسطة سلالات مختلفة

السيتوبلازم	استعادة الخصب بواسطة السلالة		
	TR	W23	1153
cms - T	لا	لا	نعم
cms - C	لا	نعم	نعم
cms - S	نعم	لا	لا

جين استعادة الخصوبة Rf_3 ذو نظام خاص للتوارث فلا ينتقل الجين المتنحى rf_3 من خلال حبة اللقاح. وكل الحبوب الناتجة من نباتات Rf_3 Rf_3 سوف تكون خصبة – اما الناتجة من النباتات Rf_3 rf_3 تكون فقط حبوب اللقاح المحتوية على الجين Rf_3 هى الخصبة اما حبوب اللقاح المحتوية على الجين rf_3 فيحدث لها اجهاض ، وبالتالى اى من حبوب اللقاح الناتجة من نباتات تركيبها الوراثى rf3 rf3 لا يكون خصبا.

كيفية استخدام انظمة العقم واستعادة الخصب فى الذرة :

تختلف الطرق التى تستخدم بواسطتها انظمة العقم واستعادة الخصب فى انتاج البذور الهجينية حسب نوع الهجن المطلوب انتاجها. ولتبسيط كيفية استعمال العقم الذكرى السيتوبلازمى فى انتاج الهجن سوف نفترض ان السلالات الداخلة فى الهجين اما ان يكون بها سيتوبلازم عقيم (S) او خصب (N) وهناك جين سائد معيد للخصب هو (Rf) يعطى استعادة كاملة للخصوبة :

أ- لاكثار السلالة العقيمة :

يتم اكثار السلالة العقيمة S-rfrf بواسطة تلقيحها بنفس السلالة الخصبة N-rf rf ولا تحتوى اى منهم على الجينات المعيدة للخصب ، اى يكون تركيب كل منهم rf rf ، وبالتالى فان النسل سيكون عقيم الذكر حيث ان السيتوبلازم ينتقل اساسا عن طريق البيضة :

سلالة A		سلالة A-
(N- rf rf)	X	(S- rf rf)
خصبة الذكر		عقيمة الذكر

سلالة A
(S- rf rf)
عقيمة الذكر

ب- لاكثار الهجين الفردى (Ax B)

تكون السلالة الأم (A) عقيمة الذكر أى $(S- r_f\ r_f)$ والأب الملقح (B) يمكن ان يحتوى سيتوبلازم عادى (N) او عقيم (S) ولكنه لابد ان يحتوى على الجينات المعيدة للخصوبة $(R_f$ ويكون الهجين الفردى الناتج AB عقيم السيتوبلازم وخليط وراثيا من حيث الجينات المعيدة للخصب $S-R_f\ r_f$ ولذلك فانه يكون منتجا لحبوب لقاح خصبه :

سلالة B		سلالة A
(N or S Rf Rf)	X	(S- rf rf)
(خصب الذكر)		(عقيم الذكر)

هجين فردى

(S- Rf rf)

(خصب الذكر)

ج - لإكثارالهجين الثلاثى (A x B) x C

تكون السلالة (A) المستخدمة كأم فى الهجين الفردى عقيمة الذكر (S-rf rf) والسلالة (B) المستخدمة كأب فى الهجين الفردى تكون بسيتوبلازم خصب وجينات غير معيدة للخصب أى تركيبها N-rfrf وبذلك يكون الهجين الافردى الناتج (AxB) عقيم الذكر (N- rfrf) وتكون السلالة الثالثة (C) اما بسيتوبلازم خصب اوعقيم ولكنها تحتوى على الجينات السائدة المعيدة للخصب وبالتالى فان الهجين الثلاثى الناتج A x B) x C) بالرغم من احتوائه على سيتوبلازم عقيم فانه يكون خصب الذكر لاحتوائه على جين سائد معيد للخصب (S-Rf rf) فىحالة خليطة. وينتج الهجين الفردى المعدل بطريقة مشابهة للهجين الثلاثى.

سلالة B		سلالة A
(N- rf rf)		(S- rf rf)
خصبة		عقيمة
سلالة C	x	هجين فردى(AxB)
(N or S-Rf Rf)		(S - rf rf)
معيدة للخصب		عقيم

هجين ثلاثى (A x B) x C

خصب (S- Rf rf)

هـ- لإكثار الهجن الزوجى (A x B) x (C x D) :

تكون السلالة A عقيمة السيتوبلازم S - rf rf والسلالة B المستخدمة كـأب فـى الهجيـن الفردى AB تكون خصبة السيتوبلازم وبها جينات غير معيدة للخصب N- rf rf وبذلك يكـون التهجين AB عقيم S- rf rf. كما تكون السلالة C عقيمة S- rf rf اما السلالة D فتكون معيدة للخصب N or S - Rf Rf وتكون ٥٠٪ من النباتات المنزرعة من الهجين الزوجى عند

سلالة A x سلالة B
(S-rfrf) (N-rf rf)
عقيمة خصبة

سلالة C x سلالةD
(S-rf rf) (N or S-RfRF)
عقيمـة معيدة للخصب

هجين فردى (AxB)
(S - rf rf)
عقيم

هجين فردى (cxo) x
(S-(Rf rf)

هجين زوجى A B C D
٥٠٪ S-Rf rf (خصب)
٥٠٪ S-rf rf (عقيم)

المزارع خصبة الذكر ولكن هذه النسبة تعطى كمية لقاح كافية للاخصاب. ويمكن عنـد اضافـة الجينات المعيدة للخصب لكلا السلالتين D , C مع عمل تطويـش للسـلالة C أن تكـون نباتـات الهجين الزوجى كلها خصبة :

سلالة A x سلالةB
(S-rf rf) (N -RfRF)
عقيمـة خصبــة

سلالة C x سلالةD
(Rf Rf) (RfRF)
معيدة للخصب معيدة للخصب

هجين فردى AB
(S-rf rf)
عقيم

هجين فردى CD
(Rf Rf)
معيدة للخصب

هجين زوجى (S- Rf rf)
خصب ١٠٠٪

وهناك اجراء عام يتم فى التطبيق بانتاج هجين مماثل تماما لذلك الناتج بالعقم الذكرى عن طريق التطويش (دون استخدام العقم) وخلط ٢٥ - ٥٠٪ من البذور الخصبة الناتجة بالتطويش مع ٥٠ - ٧٥٪ من البذور الناتجة بالعقم. ويقلل ذلك من المخاطرة بالنسبة للمزارع خصوصا لو أن الأب المعيد للخصب لا يعطى كمية كافية من حبوب اللقاح فى ظروف بيئية معينة ينمو فيها محصول الذرة ، كما ان ذلك يقلل ايضا من مخاطر المرض كما حدث مع مرض لفحة الورقة عندما احتوت ١٠٠٪ من النباتات فى الحقل على سيتوبلازم عقيم تكساسى T-cms وبالتالى اصيبت كلها بالمرض.

العقم الذكرى الوراثى فى انتاج الذرة الهجين

ذكر وجود العقم الذكرى الوراثى Genetic male sterility فى الذرة مرات كثيرة واصطدمت محاولات استخدام هذا النوع من العقم فى انتاج الذره الهجين بصعوبة عدم القدرة على اكثار السلالة عقيمة الذكر التى سوف تستخدم كأم. وقد اقترح نظام واحد معتمدا على استعمال كروموسومات محوره عرف باسم النقص المضاعف duplicate - deficient الذى لا ينتقل عن طريق حبة اللقاح لتكوين مصادر عقم نقية (msms). ولكن استعمال هذا النظام فى الانتاج التجارى للذرة الهجين يحتاج للتقييم لفترة أطول حتى يمكن استخدامه.

أهداف تربية الذرة

انه لمن الضرورى لمربى الذرة ان يختار الأهداف المناسبة لاستنباط اصناف أو هجن تكون متفوقة عن تلك المستخدمة حاليا وتتأقلم للمنطقة التى ستزرع بها. وكذلك يجب ان يعتمد اختيار الأهداف على التقييم الحريص للصفات النباتية التى تحتاج الى تحسين بجانب التقدير الدقيق لفوائد التحسين بالنسبة للمزارع فى انتاج المحصول. وتحسين صفات معينة ربما يؤثر على اداء نبات الذرة بعدة طرق ، على سبيل المثال فان مقاومة ثاقبات الذرة سوف تقلل كمية الرقاد وتقلل سقوط الكوز وتمنع دخول الكائنات المرضية داخل الساق ، وكل ذلك سوف يؤثر على المحصول الكلى. وانه لمن الضرورى لكل مربى ان يكون ملما بالمخاطر الموجودة فى منطقة خاصة مثل الظروف البيئية التى تحد من المحصول أو الآفات المرضية والحشرية الهامة وعليه ان يركز على تلك التحسينات التى سوف تكون اكثر فائدة فى تقليل الفاقد من المحصول. وتحتاج أهداف التربية الى اعادة تقييم كلما تغيرت المعاملات الإنتاجية لأجل الحصول على أقصى أداء للهجين فى حقل المزارع.

المحصول Yield

يخطى المحصول باهم الاعتبارات فى تربية الذرة الشامية ، والقدرة الانتاجية للذرة جعلته أهم محصول حبوب فى الولايات المتحدة الامريكية. وتعتبر القدرة الوراثية لهجن الذرة فى انتاج غلات متفوقة السبب الرئيسى الذى جعلتها تحل محل الاصناف مفتوحة التلقيح كما فى الرسم البيانى (صورة رقم ٤).

وخلال تطوير الذرة الهجين عملت دراسات هامة عديدة للحصول على معلومات اكثر عن وراثة مكونات المحصول وعن العوامل المؤثرة على المحصول ونوقشت بعض النظريات التى وضعت لشرح قوة الهجين ، وعملت دراسات أخرى لمعرفة احسن نظام تربية يمكن بواسطته تجميع توافيق جينات المحصول المفضله فى هجين ما، ودراسات عن طبيعة الفعل الجينى والقدرة على الائتلاف وهى دراسات بالرغم من كونها لها طبيعة نظرية الا ان هدفها النهائى هو تربية هجن عالية المحصول.

والمحصول هو اكثر الأهداف التى يتعامل معها مربى النباتات تعقيدا ، ويتحدد اساسا بواسطة تعبير العديد من الجينات وتفاعلاتها مع البيئة. و بالاضافة لهذه الجينات المؤثرة على العمليات الحيوية داخل النبات مثل امتصاص الغذاء ، والتمثيل الضوئى ، والتنفس ، وانتقال وتخزين المواد الغذائية فإن المحصول يتحدد ايضا بطريقة مباشرة أوغير مباشرة بواسطة

الجينات التى تؤثر على النضج ، ومقاومة الرقاد ومقاومة ظروف التقسية البيئية ، ومقاومة الأمراض والحشرات. والكثير من الصفات الأخيرة يمكن تقييمها بالانتخاب المظهرى بطريقة اكثر دقة عما يمكن بالنسبة للمحصول فى حد ذاته ولهذا السبب فان هذه الصفات تستخدم بصفة عامة كأساس للانتخاب فى الاجيال المبكرة لتكوين السلالة وتصمم اختبارات المحصول بعد ان يتأكد المربى من ان السلالة مقبولة بالنسبة لصفات النبات والبذور المظهرية.

ويتأثر المحصول ببعض الصفات مثل طول فترة امتلاء الحبوب وتعدد الكيزان prolificacy والاستجابة للفترة الضوئية والنقص فى عدد السيقان الدكر Barren stalks. كما اخذ الكثير من الاعتبار تغيير زاوية الورقة للحصول على أوراق رأسية لزيادة التمثيل الضوئى الراجع لنفاذ ضوء اكثر داخل المجموع الخضرى Leaf canopy. واقترن اقتراح اطالة طول فترة إمتلاء الحبوب بشرط ان لا يتأخر النضج لما بعد موسم النمو العادى. وكان الأساس فى اقتراح صفة تعدد الكيزان (صورة رقم ٣١) او الاتجاه لانتاج اكثر من كوز على النبات كوسيلة لزيادة المحصول بافتراض انه سيمتلىء كوز واحد على الاقل فى سنوات الجفاف او التقسية الغذائية وان الكيزان المتعددة ستوفر المكان (Sink) لتكوين حبوب اكثر فى السنوات المناسبة عندما يتوفر رطوبة وغذاء اكثر. كما يقلل تعدد الكوز المخاطرة من فقد المحصول بسبب ظروف التقسية بفرض ان كوز واحد سوف يظل قادرا على التكوين تحت ظروف التقسية.

وفى السنوات الأولى لتربية الذرة عملت دراسات ارتباطية كثيرة لتحديد الصفات المرتبطة بأداء المحصول ولم تظهر أى من الصفات ارتباطا شديدا بالمحصول بحيث يمكن استخدامها فى التوقع بالمحصول. ولكن لو قارن أحد الهجن الحالية بتلك التى كانت منزرعة فى الماضى يظهر له أن هناك فروق كبيرة ، فهجن اليوم تتجه لأن تكون أقصر طولا واكثر تبكيرا وذات مجموع جذرى أقوى وسيقان أقوى يمكنها الابقاء على النبات قائما بدون رقاد. ويكون تركيب المجموع الخضرى canopy منتظما وغالبا بأوراق قائمة erect تسمح بنفاذ ضوء الشمس الى الأوراق السفلية ، كما أن النباتات أقوى واصح ، وتظل الأوراق خضراء فترة أطول وهوما يعرف بواسطة المربى بالبقاء الأخضر " stay - green " والذى يطيل فترة امتلاء الحبوب ، ولكن بحيث أن النضج عندما يصل فإن النباتات تجف بسرعة لتسمح بالحصاد المبكر، وبأقل فقد فى الحقل. والكيزان تكون ممتلئة جيدا بانتظام وثقيلة ، والنباتات تكون بأقل عدد ممكن من السيقان الدكر. كما أن النباتات تتميز بمقاومة اكبر للأمراض والحشرات ومقاومة للبيئات القاسية.



صورة رقم ٣.١: هجين متعدد الكوز Prolific

ونظرا لأن المعاملات الزراعية لمحصول الذرة قد تغيرت فاستخدمت معدلات أعلى من الأسمدة وكثافات نباتية أعلى وطرق محسنة لمقاومة الحشائش والآفات ، فقد تطلب ذلك أن تصمم تجارب مقارنة المحصول فى بيئات تعطى محصولا عاليا بحيث يمكن إنتخاب الهجن التى تستجيب بدرجة اكبر للمعاملات الزراعية المحسنة.

وفى سبيل الحصول على محصول عالى فى هجن الذرة صممت العديد من البحوث فى كافة المجالات ذات العلاقة ، فشملت نظرية الوراثة الكمية وتطبيقاتها فى طرق التربية ، والتصميمات التجريبية التى تسمح للمربى بالحصول على تقييم اكثر دقة للأداء الحقلى ، والطرق الاحصائية التى تسمح بتفسير أوضح لنتائج البحوث.

الأقلمة Adaptation

الأقلمة مثل المحصول صفة معقدة حيث انها تتأثر بالعديد من الاستجابات النباتية المختلفة، وبعض العوامل الاساسية المؤثرة على الأقلمة هى :

أ- فترة النضج التى تتناسب مع منطقة الانتاج.

ب- الاستجابة لمستوى خصوبة التربة.

ج- المقاومة للحرارة والجفاف.

د- المقاومة للبرودة.

كما أن هناك عوامل اخرى تؤثر على الأقلمة اما بطريقة مباشرة او غير مباشرة وهى :

- المقاومة للأمراض والحشرات.
- امتداد أغلفة الكوز للتخلص من الحشرات فى المناطق الحارة.
- صفات الاندوسبرم التى تؤثر على التخزين فى مناخات معينة.

أ- فترة النضج التى تناسب منطقة الانتاج

Maturity to Fit Area of Production

فى المناخات الاستوائية قد يزرع الذرة طوال العام ، وفى المناخات المعتدلة يكون موسم نمو الذرة محددا بالفترة الخالية من الصقيع ، نظرا لأن الذرة ذو تحمل قليل جدا للصقيع و نظرا لأن الفترة الخالية من الصقيع لا يمكن ان تستغل تماما و يختلف طولها من سنة لأخرى فإنه يجب اعطاء حد من الأمان بزراعة اصناف او هجن ذات تبكير كافى فى النضج ، حتى فى المواسم الأقصر. وبصفة عامة فان الأصناف او الهجن التى تستغل موسم النمو الكامل بأقصى درجة وتنضج بطريقة آمنه هى التى تكون اكثر الأصناف او الهجن انتاجية فى الزراعة فى اى منطقة خاصة. ومع ذلك فان الهجن مبكرة النضج لها مميزات خاصة أسرعت فى استخدامها ، مثل الحصاد المبكر قبل حدوث التلف الناتج عن سقوط الأمطار ، أو لتسهيل الزراعة المبكره لمحصول آخر مثل القمح. والهجن المتأقلمة لموسم النمو القصير فى شمال حزام الذره بالولايات المتحدة الأمريكية أو فى جنوب كندا هى هجن مبكرة جدا فى النضج. ويتم التعويض الجزئى لقصرالموسم الذى تنمو فيه هذه الهجن عن طريق ان الأيام هناك ذات فترات اضاءة أطول. وتكون الهجن المبكرة المتأقلمة لشمال الولايات المتحدة أقصر ارتفاعا وذات عدد اقل من الاوراق عن الهجن المتأقلمة لوسط وجنوب الولايات المتحدة. والسلالات

المنتشرة فى المناطق الاستوائية او الحارة تتجه لأن تكون سيقانها أطول ولها عدد اوراق اكبر عن سلالات حزام الذرة بالولايات المتحدة او الهجن المحسنه المتأقلمة للمناخات المعتدلة من حزام الذرة (صورة رقم ٣٢) . وتفشل معظم الاصناف الاستوائية فى التزهير وانتاج بذور فى المواسم القصيرة لوسط وشمال حزام الذرة بسبب تأقلمها للفترات الضوئية القصيرة.

ويتأثر ميعاد التزهير فى الذرة بالفترة الضوئية Photoperiod ودرجة الحرارة. فالذرة نبات قصير النهار ، ويتأخر تزهير الاصناف او الهجن الحساسة للفترة الضوئية لو زرعت فى فترات ضوئية أطول عن تلك التى تكون فيها هذه الهجن متأقلمة ، أو ان التزهير يحدث بسرعة اكبر بزراعة هذه الهجن فى فترات ضوئية أقل. ويحد هذا من المنطقة التى يمكن ان يزرع بها الصنف الى مدى ضيق نوعا ما فى خطوط العرض. وبصفة عامة يكون مطلوبا صنف او هجين متأخر بيوم واحد لكل ١٦,٦ كيلو متر جنوبا اومبكرا بيوم واحد لكل١٦,٦ كيلو متر شمالا عند نفس الارتفاع.



(صورة رقم ٣٢) حقل ذرة استوائية منزرع فى بيرو (يلاحظ الارتفاع الشديد للنباتات).

وفى الولايات المتحدة الامريكية تكون فترة النضج هى اكثر العوامل حرجا فى شمال حزام الذرة حيث يكون موسم النمو قصيرا ويجب استغلال هذا الموسم كله بقدر الامكان للحصول على أقصى غلة. وفى بعض الولايات الشمالية حددت مناطق من الشمال للجنوب واعطيت الهجن المتأقلمة لهذه المناطق المختلفة ارقاما (درجات). وفى البداية كانت درجات النضج تعبر عن عدد الأيام من الزراعة أو ظهور البادرات حتى النضج. وكان احد صعوبات هذا النظام هو ان عدد الأيام حتى النضج يختلف حسب الموسم والموقع ، حيث يتأثر النضج بخصوبة التربة ورطوبتها وبدرجة الحرارة والمؤثرات البيئية الأخرى. وأدى ذلك الى محاولات لتشكيل نظم تدريج للنضج اكثر دقة ، وشملت هذه النظم ما يلى :

١- **عدد الايام لدرجة النمو Growing Degree Days** واليوم الواحد لدرجة نمو هو تجميع (تراكم) لكل ٠,٥٥°م الذى تتعدى فيه متوسط درجة الحراة اليومى درجة ١٠°م وتصل الى حد اقصى مقداره ٣٠°م).

٢- **وحدات حرارة الذرة Corn Heat Units** وهى وحدات الحرارة المتجمعة باستعمال ١٠°م كأساس و ٣٠°م كحد أقصى.

وبالرغم من أن هذه النظم لترقيم نضج الهجن اكثر دقة عن عدد الايام حتى النضج الا أن التباينات فى الترقيم تحدث أيضا من سنه لأخرى ومن موقع لآخر. وقديما كان من الصعب ان يحدد بالضبط متى ينضج صنف ما ، وحاليا يعتبز الصنف او الهجين ناضجا نضجا فسيولوجيا عند تكون الطبقة السوداء Black layer فى قمة الحبة. ويمكن ملاحظة هذه الطبقة السوداء بكشط قمة الحبة بمطواه ، ويدل وجود الطبقة السوداء على ان نواتج التمثيل الضوئى لم تعد تنتقل الى داخل الحبة.

وتشمل التربية للتكبير فى النضج استغلال المواد الوراثية التى (١) تستجيب بطريقة أفضل للفترة الضوئية فى المنطقة التى سيزرع بها الهجين او الصنف ، (٢) والتى يمكنها أن تجف بسرعة بعد النضج الفسيولوجى (٣) والتى تستطيع أن تنبت وتبدأ فى النمو مبكرا فى الربيع عند درجات الحرارة المنخفضة السائدة فى ذلك الوقت بحيث يمكنها أن تزرع مبكرا. وقد تم تحديد السلالات inbreds ذات الحساسية القليلة للفترة الضوئية ولكن المعلومات المتوفرة عن النضج أو الأداء المحصولى لهذه السلالات لسلالات ذات الحساسية القليلة للفترة الضوئية عند زراعتها فى خطوط عرض اكبر هى معلومات قليلة .وفى نطاق حزام الذرة بالولايات المتحدة تكون الهجن المبكرة النضج مطلوبة للأسباب التالية :-

أ- لتعطى مجالا اكبر (من خطوط العرض) فى الزراعة.

ب- لتسمح بزراعة محصول ثانى مع المحاصيل الشتوية.

ج- لتقلل من تكلفة الوقود المستعمل فى تجفيف الحبوب بعد الحصاد حيث ان الهجن المبكرة يمكن حصادها بنسب رطوبة أقل فى الحبوب.

وغالبا ما تستخدم الهجن مبكرة النضج أيضا عندما تتأخر الزراعة حتى موعد متأخر عن الموعد العادى. وفى المناطق الجافة يفضل زراعة الهجن الأكثر تبكيرا عن الهجن التى تزرع عادة بها ، ويكون ذلك اما مبكرا أو متأخرا ، بهدف الهروب من فترات الجفاف. وتتجه الهجن متأخرة النضج لأن تكون أطول سيقانا واكثر حساسية للرقاد.

ب- الاستجابة لخصوبة التربة Response to soil fertility

لقد كان هناك اعتقاد سائد أن هناك سلالات خاصة من الذرة اكثر انتاجية فى التربة الخصبة وسلالات أخرى اكثر انتاجية فى التربة الفقيرة. وقديما كان اختيار الصنف مفتوح التلقيح أو الهجين غالبا ما يعتمد على تأقلمه الواضح مع مستوى خصوبة التربة. وفى اغلب الحالات كان يوصى بالصنف او الهجين مبكر النضج للتربة منخفضة الخصوبة . وعادة التربة غير الخصبة تكون قدرتها على الاحتفاظ بالماء منخفضة بسبب انخفاض محتواها من المادة العضوية ، وفى هذه التربة يكون للهجن مبكرة النضج الصغيرة الحجم فرصة احسن لعقد البذور قبل استنفاذ الرطوبة والعناصر المتاحة عن الهجن كبيرة الحجم طويلة الموسم. وبزيادة المعرفة عن معاملات التسميد وزيادة توفر العناصر السمادية بتكاليف معقولة اصبح المتبع فى الولايات المتحدة هو تصحيح نقص عناصرالتربة وليس البحث عن تراكيب وراثية يمكن ان تستجيب بدرجة أفضل لنقص العناصر السمادية. وبارتفاع أسعار الاسمدة ثانية اصبح من الضرورى اعادة البحث عن تراكيب وراثية تستغل العناصر المتاحة بدرجة أكثر كفاءة. ويوجد دليل حاليا على ان امتصاص العناصر واستعمالها يختلف فيما بين التراكيب الوراثية للذرة بالنسبة لعناصر الفوسفور والألومنيوم والحديد والزنك والمغنسيوم والكالسيوم والموليبدنم. ولكن المعلومات بالنسبة لهذا الموضوع قليلة. ومطلوب ايضا معلومات عن اختلاف التراكيب الوراثية للذرة فى استجابتها للنتروجين ، والطلب على هذه المعلومات يعتبر هاما فى الدول الفقيرة التى يكون استعمال السماد فيها محدودا بسبب عدم توفره أو تكلفته العالية. وفى تجربة انتخاب دورى فى كينيا أدت ثلاث دورات من الانتخاب الى زيادة محصول الحبوب المتحصل عليه من كل وحدة نتروجين مضافة . اما فى المناطق التى يعتبر التسميد الكامل فيها معاملة عادية فمن الضرورى تصميم اختبار الأصناف اوالهجن عند مستويات التسميد المستخدمة بواسطة المزارع حتى تعرف استجابة الهجين قبل تحرير الهجين وتوزيعه.

كما ان زيادة الكثافات النباتية للذرة فى التربة التـى تستقبل معـاملات تسـميد غزيـرة أدت الى زيادة الطلب على الهجن ذات السيقان الأقصر والنباتات الأصغر حجما. والهجـن القصـيرة عموما تكون ذات كيزان اصغر وهذه يمكن تعويضهـا بـاجراء الزراعـة الكثيفـة. وتقـدم عمليـة استنباط هجن تحمل اكثر من كوز واحد على النبات prolific بديل اخر لتعويـض صغـر حجم الكوز. ويتم الحصول على اكبر العائدات الإقتصادية من زراعـة النباتـات بكثافـات عاليـة مـع اضافة التسميد بغزراة فى المناطق التى يكون بها رطوبة ارضية كافيـة. وقـد ادى ذلـك لزيـادة استخدام معاملة الرى الاضافى للذرة فى كثير من مناطق انتاجه التـى تتعـرض للجفـاف خـلال موسم النمو. ويتطلب دائما اجراء الدراسات للبحث عن طـراز مـن نبـات الـذرة يعطـى أقصـى غلة تحت تأثير توفيقه من الخصوبة العالية والكثافات النباتية العالية والرى الاضافى.

ج- مقاومة الحرارة والجفاف Resistance to Heat and Drought

يؤدى تلف الذرة بواسطة الحرارة والجفاف الى نقص فـى المحصـول. وقـد تكـون درجـة نقص المحصول بسيطة جدا لدرجة انه لا تظهر تأثيرات مرئيـة علـى النبـات نفسـه ، او تكـون شديدة جدا لدرجة ان النبات لا ينتج أى حبوب ، او قد تصل الى حد قتل النبات. وقد يؤثر كـل عامل من عوامل البيئة مستقلا او متفاعله مع بعضها. فكمية المحصول او نوعيته ربما تقل فى الفترات التى ترتفع فيها درجات الحرارة او الجفاف ، ويصحب ذلك عوامل اخرى مثل سـقوط الكيزان بدرجة اكبر او حدوث التفحم بنسبة أعلى وحدوث تلف اكـبر مـن الحشـرات. وتختلـف السـلالات والهجـن فـى مقاومتهـا او تحملهـا لضـرر الحـرارة او الجفـاف ، وكذلـك للضـرر المصاحب لذلك كضـرر الأمـراض والحشـرات. وتشـمل التربيـة لمقاومـة الحـرارة او الجفـاف استنباط هجن تتصف بالآتى :

أ) الهروب من فترة الحرارة او الجفاف.

ب) تحمل مدى أكبر من الظروف غير المناسبة من الحرارة او الجفاف .

واحيانا تزرع الهجن المبكرة النضج فى ميعاد مبكر للحصول على حـد أقصـى مـن النمـو النباتى قبل ان تسود فترة الجو الحار او الجفاف. كما انه احيانا ما تزرع الهجن مبكـرة النضـج فى التربة منخفضة الخصوبة للهروب من التأثيرات غـير المرغوبـة للجفـاف نظـرا لأن التربـة منخفضة الخصوبة عادة ما تكون منخفضة فى محتواها من المادة العضويـة وتميـل لأن تكـون غالبا ذات قدرة منخفضة على الاحتفاظ بالماء عن التربـة الخصبـة. ويكـون التلـف النـاتج عـن الحرارة والجفاف اكبر ما يمكن عندما تحدث عند بداية فترة التزهير. فدرجات الحرارة الأعلى عن ٣٢°م يمكن أن تقلل عقد البذور بدرجة ملموسة. واستنباط هجن مقاومة للحرارة والجفـاف

عملية معقدة نظرا لأنه يوجد مدى واسع للظروف البيئية المسببة للضرر الناتج عن الحرارة او الجفاف. كما ان التوافيق الخاصة لظروف الحرارة والجفاف التى قد تسبب تلفا تختلف حسب الموقع والموسم. وعملت العديد من المحاولات لتقييم انواع الضرر المتسبب عن الحرارة والجفاف بحيث انه يمكن التعامل مع كل منها بطريقة فردية فى برنامج التربية. وبعض الانواع الشائعة من هذا الضرر ومشاكل التربية الموجودة فى كل منها هى كما يلى :

١- احتراق القمة ولفحة الشوشة Top- firing and tassel blast

تختلف سلالات الذرة فى تحملها لاحتراق القمة فبعضها يحترق بشدة والبعض لا يحدث له اى تلف. وفى السلالات المرباه داخليا المتأثرة بالاحتراق يحدث قصور فى حركة المياه خلال مناطق اللسين اوغمد الورقة مقارنة بحركة المياه فى المناطق المماثلة للسلالات المقاومة. ويظهر ان السلالات الحساسة تحترق قمتها قبل السلالات المقاومة لأن تكوين الانسجة الموصلة للماء فيها محدود جدا بالنسبة لمساحة الورقة. ويبدأ التلف الناتج عن الحرارة عند قمة النبات المعرضة مباشرة للشمس والتى تكون أبعد ما يمكن عن مصدر المياه.

٢- العقد الضعيف للبذور Poor seed set

ينتج العقد الضعيف للبذور اما من فشل انتاج حبوب لقاح حية او من موت حبوب اللقاح بواسطة درجات الحراة المرتفعة او من تأخر خروج الحريرة مقارنة بانتشار حبوب اللقاح اومن جفاف الحراير الخارجية لدرجة ان حبوب اللقاح لا تستطيع الانبات عليها. كما ان ضعف عقد البذور قد يحدث لأن انتاج حبوب اللقاح وخروج الحريرة لا يحدثان فى وقت واحد.

ويمكن تنشيط الضغط الانتخابى لظروف الجفاف بواسطة زيادة الكثافات النباتية. وقد حدث تقدم بالانتخاب للآتى :

أ- لسلالات تنتج محصولا جيدا فى ظروف وجود الجفاف.

ب- للخلو من احتراق الورقة Leaf firing.

ج- للتبكير فى خروج الحريرة عن وقت انتشار اللقاح.

د- لفترات انتشار أطول لحبوب لقاح النورة المذكرة.

واستخدام الاصناف او الهجن ذات الكيزان المتعددة تقلل من ظاهرة التدكير barrenness فى المناطق التى يحدث بها جفاف احيانا. وفى المواسم ذات كميات المياه المناسبة يمكن ان ينمو اكثر من كوز ، لكن لو كانت التربة فقيرة فى الرطوبة يتكون كوز

واحد فقط. وهذه الأقلمة يمكن ان تسمح للمزارع بأن يقلل من الكثافة النباتية وبالرغم من ذلك يحصد أعلى محصول سواء فى المواسم المناسبة أو غير المناسبة .

د- مقاومة البرودة Cold Resistance

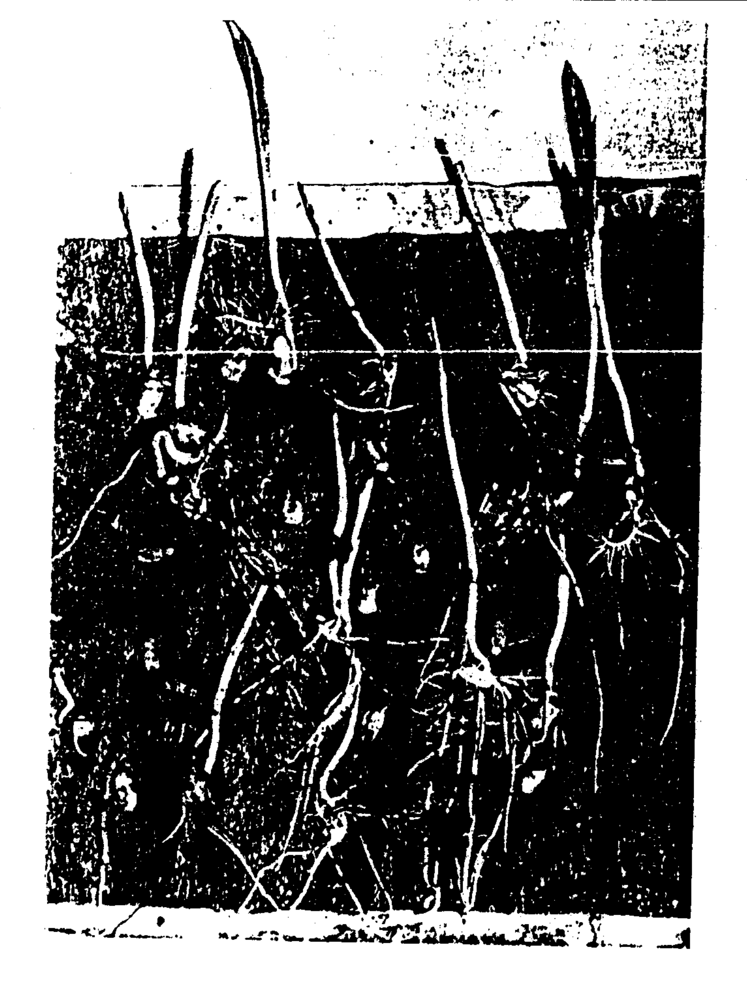
ينبت الذرة ببطء جدا عند درجات حرارة تقل عن ١٠°م وتكون بادرات الذرة عند درجات حرارة أقل من ١٢الى ١٣°م حساسة جدا للاصابة بالفطريات المسببه لأمراض البادرات. وتختلف سلالات وهجن الذرة فى قوة انباتها ومقاومتها لإصابة بادراتها عند درجات الحراة المنخفضة. ففى شمال الولايات المتحدة والتى يحدث بها غالبا نقص فى عدد النباتات نتيجة الزراعة المبكرة التى يتبعها جو بارد ، فانه كثيرا ما اجرى الانتخاب لسلالات ذرة قادرة على الانبات وتكوين بادرات صحيحة عند درجات حرارة منخفضة.

وأول صنف استنبط لمقاومة البرودة كان صنفا مفتوح التلقيح (Golden Glow) انتخب فى ويسكونسن ووزع سنه ١٩٢٢ . وتستعمل الآن بكثرة اختبارات البرودة لاستنباط سلالات وهجن مقاومة للبرودة فى كل حزام الذرة بالولايات المتحدة ، وتقيس اختبارات البرودة قدرة السلالات على ان تنبت وتقاوم الاصابة بالكائنات المسببة لأمراض البادرات عند درجات الحرارة المنخفضة.

وتختلف الطرق المصممة لاختبارات البرودة ولكن الطريقة الشائعة هى انبات البذره بحيث تكون ملامسة للتربة (صورة رقم ٣٣) عند درجة حرارة من ٩ -١٠°م لفترة من ٧-١٠ أيام وبعد ذلك تكمله الانبات عند درجات حرارة أعلى. وتوضع تربة غير معقمة (مأخوذة من حقل كان يزرع به الذرة) ملامسة للبذور المختبرة لتعطى مصدرا طبيعيا للإصابة بكائنات امراض البادرات ، او ان يكون التربة قد تم عدواها صناعيا بالكائنات المسببة للمرض.

وهناك ثلاثة كائنات عادة ما تسبب لفحة البادرات عند درجات الحرارة المنخفضة وهى Gibberella zeae & Diplodia maydis & Pythium spp. وتتأثر نسبة الانبات المتحصل عليها فى اختبارات البرودة بعوامل اخرى تختلف عن قدرة السلالة على الانبات تحت الظروف المعاكسة وعلى مقاومة اصابة البادرات بالمرض. وبعض هذه العوامل هى الضرر الميكانيكى وعدم نضج البذور وتلف الصقيع وعمر البذور.

وبالاضافة للانبات ومقاومة امراض البادرات عند درجات حرارة منخفضة فقد لوحظت اختلافات وراثية فى مقاومة النباتات الصغيرة للصقيع وهذه الصفة مثل مقاومة البرودة يكون من المفيد ايضا فيها الزراعة المبكرة للذرة فى حزام الذرة بالولايات المتحدة وكندا وفى المناطق الأخرى مثل الأماكن المرتفعة التى يتعرض فيها الذرة لتلف الصقيع .



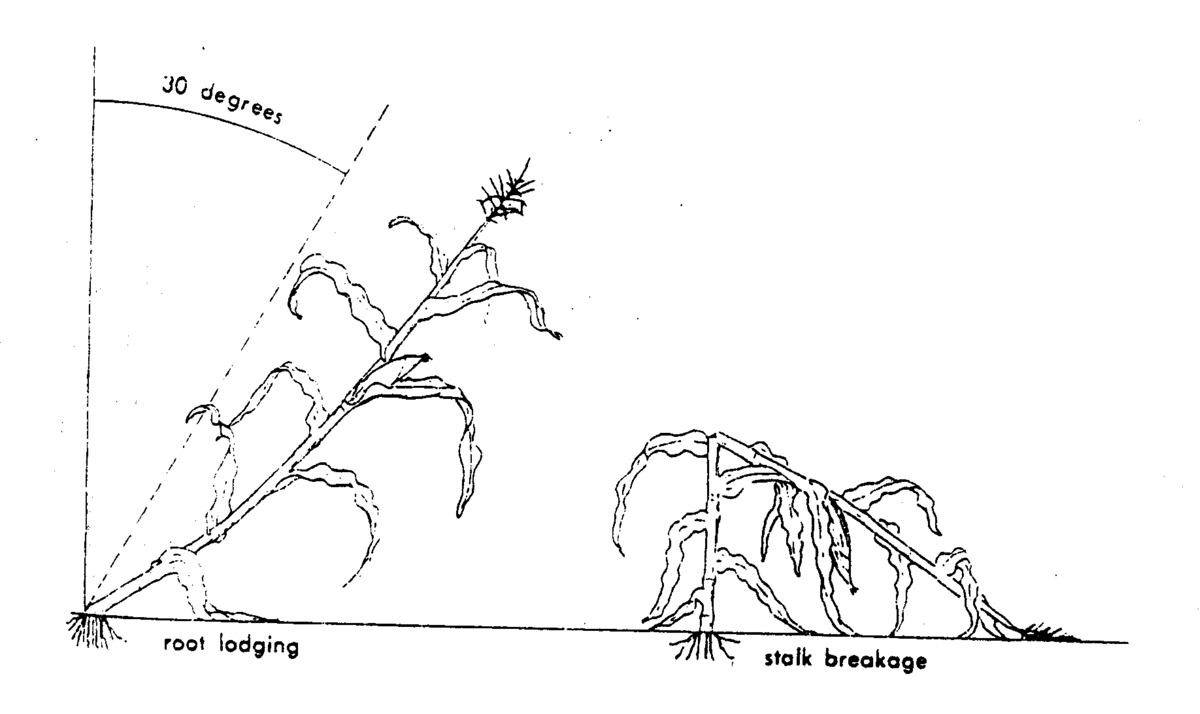
صورة ٣٣ : طريقة الفوطة الملفوفة لاختبار البرودة. حيث تنبت بذور الذرة فى فوطة ورق مبللة بالماء وملامسة لتربة مأخوذة من حقل كان منزرعا بالذرة ومحتويا على الكائنات المسببة لأمراض البادرات. وتحفظ الفوطة عند درجة حرارة ١٠°م لمدة ٧-١٠ أيام ثم تنقل الى درجة حرارة ٣٠°م للانبات الكامل. تلاحظ البذور المصابة بالمرض (غير المنبته).

مقاومة الرقاد Lodging Resistance

ان الفقد فى المحصول الراجع للرقاد قد ينتج بسبب ميل نبات الذرة او من كسر الساق تحت الكوز وغالبا ما تفقد الكيزان على السيقان الراقدة فى عملية الحصاد. وممكن ان يحدث الفقد ايضا نتيجة ان الرقاد يؤدى الى تكوين كوز خفيف غير ناضج قليل الحبوب. وتتدهور نوعية الحبوب لو كسر الساق بحيث يتلامس الكوز مع الارض ويتلف من عفن الحبوب. وعند إستنباط الهجن تكون المقاومة للرقاد هى اساس انتخابى هام فى السلالات ، لأن الاختلافات الوراثية فى صلابة السيقان تنتقل الى النسل الهجينى. وعند اعطاء درجات للسلالات والهجن بالنسبة لمقاومتها للرقاد (صورة رقم ٣٤) فانها عادة ما تقيم بالنسبة لـ :-

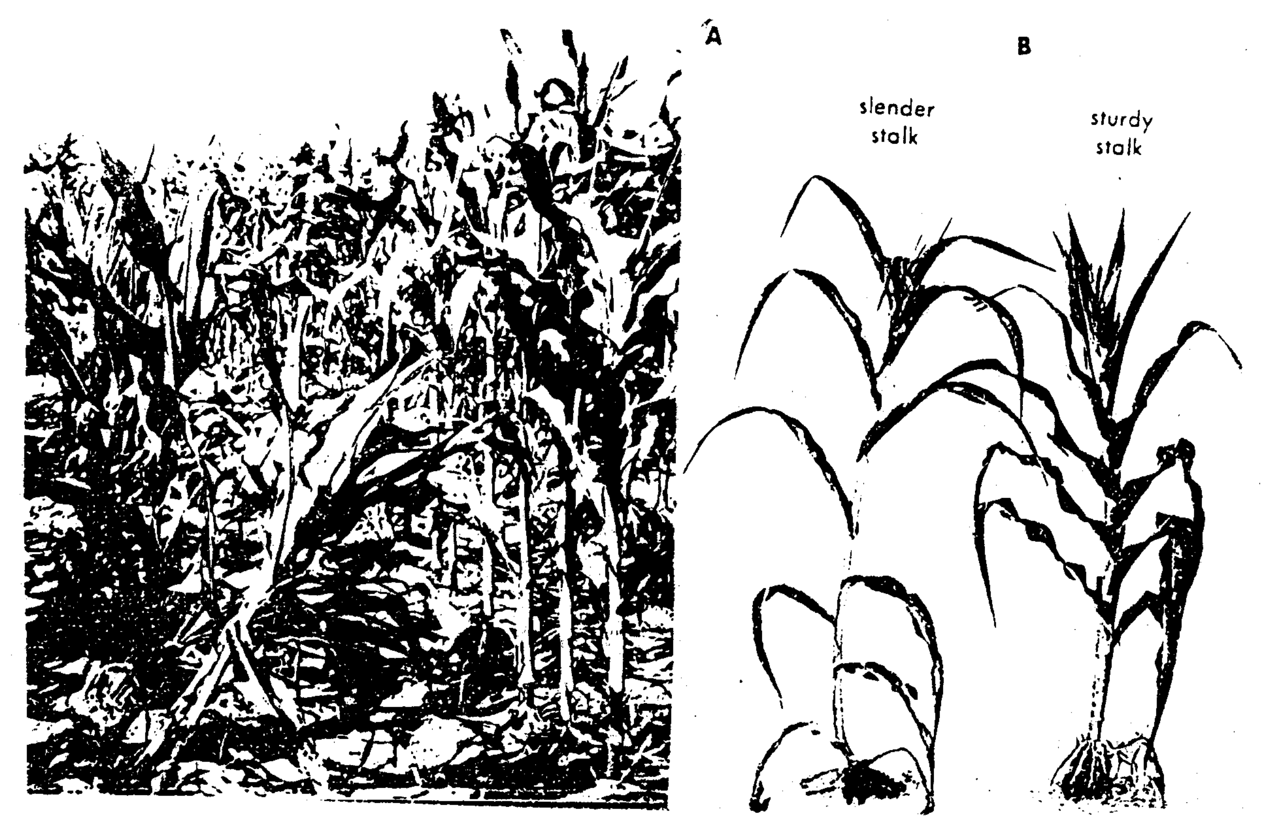
(أ) رقاد الجذور Root lodging.

(ب) انكسار السقان Stalk breakage .



صورة ٣٤: انواع الرقاد فى الذرة. عموما يعبر عن الرقاد فى الذرة برقاد الجذور لو أن الساق مالت اكثر من ٣٠°م درجة عن الوضع الرأسى لو بانكسار الساق لو أن الساق انكسرت تحت الكوز.

وعموما يصنف نبات الذرة الى رقاد الجذور عندما يميل النبات اكثر من ٣٠ درجة من الوضع الرأسى. المجموع الجذرى القوى يمكن نبات الذرة من الوقوف صامدا ضد صدمات الريح والمطر. وتزداد أهمية المجموع الجذرى القوى عند اضافة محسنات خصوبة التربة وخصوصا النتروجين. وقد يحدث رقاد الجذور اما بواسطة (أ) مجموع جذرى ضعيف وراثيا أو (ب) جذور متعفنة او (ج) جذور تالفة بواسطة الحشرات. وسلالات الذرة ذات القدرة على الوقوف قائمة عادة ما تملك مجموعا جذريا اكبر من السلالات القابلة للرقاد (صورة رقم ٣٥).



صورة رقم ٣٥ : مقارنة مقاومة الجفاف لسلالتين من الذره بعد تعرضها لعاصفة قوية . ويظهر على يمين الصورة مقارنة قوة السيقان فى النباتات الممثلة للسلالتين . وقد عمل تقدم فى تربية سلالات قوية السيقان وذات مجموع جذرى قوى مثل السلالة الموجودة على اليمين .

واحيانا تستخدم القوة اللازمة لشد نباتات الذرة من التربة لقياس قدرة الاقتلاع ودرجة انتشار المجموع الجذرى للذرة. فتتطلب السلالات ذات المجموع الجذرى سليم التكوين والصحيح قوة اكبر للاقتلاع من التربة عن السلالات ذات المجموع الجذرى الضعيف اوالمريض. وكثير من التقدم الذى حدث فى التربية لمقاومة رقاد الجذور نتج من المقاومة المتزايدة لأمراض تعفن الجذور او الحشرات التى تتغذى على جذور الذرة. وأضرار الجذور الناتجة عن العمليات الزراعية او عن الحشرات توفر أماكن مناسبة لدخول الكائنات المسببة للأمراض الا اذا كان الهجين يمتلك مقاومة معقولة لهذه الامراض.

وعادة يصنف نبات الذرة الى رقاد السيقان Stalk lodging لو انكسر الساق تحت الكوز ويحدث انكسار الساق اما قبل او بعد النضج. وتختلف السلالات والهجن فى قدرتها على البقاء واقفة بدون انكسار السيقان. والعوامل المؤثرة على الطريقة التى تقاوم بها السلالات انكسار السيقان هى :-

أ- ارتفاع النبات ووضع الكوز على الساق.

ب- القوة المتوارثة للساق.

ج- مقاومة الأمراض.

د- مقاومة الاصابة الحشرية .

ه- مقاومة الصقيع

وتوفر السيقان القصيرة ذات الكيزان منخفضة الموقع مقاومة اكثر للرياح عن السيقان الطويلة ذات الكيزان مرتفعة الموقع. كما أن سمك وصلابة القشرة او اللحاء الخارجى وكذلك حجم الساق عاملين مهمين لتحديد قوة الساق الموروثة. وأمراض عفن الساق هى أسباب شائعة لرقاد السيقان حيث عادة تتكسر الساق فوق العقد المصابة بالمرض. وتختلف السلالات والهجن فى قدرتها على مقاومة أمراض عفن الساق. ويسبب التلف الناشىء عن ثاقبات الذرة او الحشرات الأخرى الثاقبة للساق ضعفا للسيقان ويوفر مدخلا للكائنات المسببة للأمراض. والكائنات الممرضة التى تسبب عادة رقاد الساق هى Diplodia maydis والـ Giberella zeae. وتختلف الاصناف فى المقاومة للقتل بالصقيع عند نضجها ، فالسيقان تتكسر بسرعة اكبر بعد ان تقتل النباتات بواسطة الصقيع .

ويمكن قياس قوة ساق الذرة بواسطة القوة اللازمة لتحطيم (لتهشيم) قطاع من الساق فى مكبس هيدروليكى. وقد وجد ان قوة التحطيم crushing strength مرتبطة بشدة بنسب رقاد الساق للهجن المختلفة فى الحقل ، وبالرغم من أنها تختلف حسب الهجين الا أن حوالى ٥٠-٧٠٪من القوة الكلية للساق تاتى من اللحاء الخارجى outer rind ومن ٣٠-٥٠٪ من اللب الداخلى pith وفى برنامج إنتخاب دورى لتحسين عشائر فى مقاومتها للرقاد فقد زادت القوة اللازمة للتحطيم من متوسط ٧٨٠ رطل فى العشيرة الاصلية الى ١٢٩٥رطل بعد اربع دورات من الانتخاب، أى بزيادة قدرها أكثر من ١٢٥ رطل لكل دورة انتخابية. وظل المحصول كما هو لم يتغير بالانتخاب لقوة التحطيم العالية ، كما أن الانتخاب لقوة تحطيم منخفضة لم يغير المحصول أيضا.

وهناك طريقة أخرى لقياس قوة الساق عن طريق قياس القوة اللازمة لخرم القشرة الخارجية للساق ويستخدم لذلك معدة تسمى جهاز قياس إختراق القشرة rind penetrameter ويمكن استخدامها لقياس قوة الساق فى الحقل.و فى برنامج انتخاب دورى لزيادة مقاومة الرقاد يمكن قياس قوة اختراق القشرة للنباتات الفردية قبل التزهير. ويقتصر عمل الاخصاب الذاتى أو التهجين لانتاج الجيل التالى على النباتات المتفوقة فى قوة قشرة سيقانها ، وتقلل هذه الطريقة

الوقت اللازم لتكملة دورة انتخاب دورى بسنة واحدة بالمقارنة بقياس قوة التحطيم لسيقان ناضجة بعد الحصاد.

مقاومة تساقط الكيزان Resistance to Ear Dropping

إن مقاومة تساقط الكيزان صفة هامة لأن الكيزان التى تتخلع وتسقط على الارض لا يمكن استردادها عند الحصاد الميكانيكى. وعادة ما تسجل صفة المقاومة لسقوط الكيزان كنسبة مئوية للكيزان الموجودة على الارض عند وقت الحصاد. وتختلف الهجن فى حساسيتها لسقوط الكيزان. والصفات المؤثرة على تساقط الكيزان هى :

أ- طول وقوة حامل الكوز Shank.

ب- وزن الكوز.

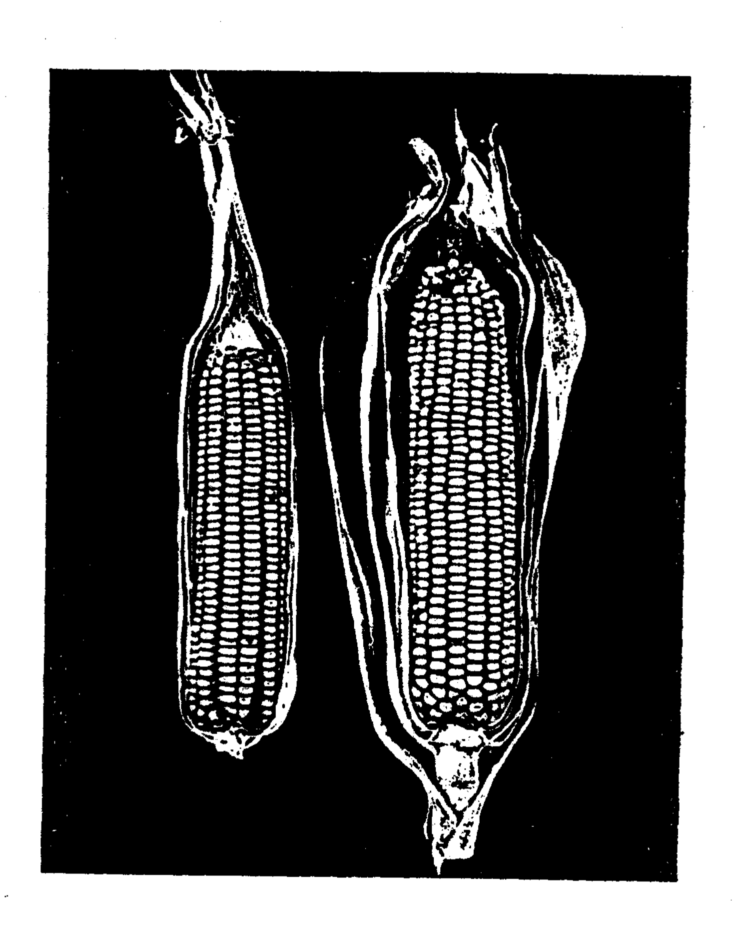
ج- الاصابة بالامراض والحشرات.

وحامل الكوز Shank يدعم الكوز وهو العضو الذى من خلاله تصل المواد الغذائية الى الكوز. وتتطلب الكيزان الثقيلة حوامل قوية لا تتكسر. وتعرض الحامل للتلف الحشرى مثل الانفاق الناتجة عن ثاقبات الذرة لا تضعف فقط الحامل بطريقة مباشرة ولكنها ايضا تمهد الطريق للمهاجمة الفطرية بالكائنات المسببة لتعفن الساق او الكوز. وحوامل الكيزان الطويلة تعتبر صفة غير مرغوبة لانها من الناحية التركيبية أضعف بالاضافة لانها تمهد فرصة اكبر للتلف بثاقبات الذرة. وتزداد مقاومة. سقوط الكيزان بالانتخاب لحوامل كيزان أقصر واقوى وبالمقاومة لأعفان الساق والكوز. وعند الانتخاب لحوامل قصيرة وقوية من المهم ان يكون طول الحامل كافيا لكى يتمكن الكوز من ان ينحنى لأسفل عندما ينضج حتى يقل تعفن الكوز من الرطوبة المتجمعة والمحتبسة فى قاعدة أغلفة الكوز.

التغطية بأغلفة الكوز Hask covering

تحمى الأغلفة كوز الذرة من التلف الذى يحدث من التأثيرات الجوية وتقلل من الضرر المتسبب عن الحشرات والطيور. وفى حزام الذرة فى الولايات المتحدة الامريكية يكون من المرغوب فيه وجود أغلفة سهلة التقشير اطول قليلامن الكوز بحيث تكفى لتغطية نهاية الكوز. ففى هذه المنطقة ليس هناك اى فائدة من وجود أغلفة أطول من ذلك ، بل على العكس فالأغلفه الأطول تزيد من صعوبات الحصاد وتؤخر من نضج الكيزان. أما فى جنوب الولايات المتحدة والمناطق الاستوائية فان غلاف الكوز الطويل الممتد بوصتين أو اكثر بعد قمة الكوز والذى

يبقى مقفولا بشدة بعد النضج يعتبر صفة اساسية مرغوبة لمنع الاصابة بالحشرات واكل الطيور للكوز (صورة ٣٦) :



صورة ٣٦: مقارنة اغلفة كوز لهجين من الجنوب وآخر من حزام الذرة. فالكوز الذى على اليسار من هجين ذره جنوبى ذو غلاف محكم جدا وذو امتداد طويل للأغلفة ليحمى الهجين من التلف الناتج عن الطيور و الحشرات، اما الغلاف السائب للكوزالذى على اليمين فهو يمثل هجن حزام الذرة .

وتوضح نتائج التجارب في جورجيا أن الاصابة بالحشرات تقل كلما زاد طول اغلفة الكوز وزاد احكامها حول الكوز. والاصناف او الهجن ذات اغلفة الكوز الطويلة عادة ما تكون كيزانها صغيرة الحجم. وفى المناطق التى تكون فيها الاغلفة الطويلة مرغوبة تكون معظم الاصناف التجارية بها ذات نباتات متعددة الكيزان (صورة٣١) والتى تتجه لأن تعوض الكيزان الصغيرة. والكيزان صغيرة او متوسطة الحجم للسلالات متعددة الكوز تكون عموما مغطاه بطريقة افضل بواسطة الاغلفة وهى صفة مرتبطة بأقلمة الاصناف متعددة الكوز فى جنوب الولايات المتحدة الامريكية.

مقاومة الامراض Disease Resistance

خلال الفترات المبكرة لاستنباط الذرة الهجين تم عمل تقدم كبير فى تربية سلالات مقاومة للكائنات المسببة لأمراض الذرة الرئيسية عن طريق الانتخاب لمقاومة الرقاد والمحصول العالى ، فكانت تستبعد السلالات والهجن التى كانت متأثرة بالكائنات المسببة لأمراض الجذر والساق من حقل التربية لأنها رقدت او لأن محصولها مرضيا. وقد عرفت تماما أهمية المقاومة للامراض فى الذرة ولكن سلالات الذرة كانت عادة تختلف فى درجة تأثرها فقط. وتأثر العائل بالعديد من أمراض الذرة مثل أعفان الجذور والساق والكوز وجد أنه يتوارث بطريقة معقدة ، عن ان يكون متوارثا بجين فردى بسيط. وفى السنوات الاخيرة أعطى اهتمام اكبر لتربية سلالات مقاومة للمرض نظرا لتطور التقنيات التى يمكن بواسطتها عدوى السلالات بالكائنات الخاصة المحدثة للمرض.

وترتبط التربية للمقاومة للكائنات الممرضة ارتباطا شديدا بالعديد من الأهداف الأخرى التى يعمل بها مربى الذرة مثل مقاومة البرودة ومقاومة الرقاد ومقاومة سقوط الكيزان وحتى جزء من الفقد الناتج من التغطية باغلفة الكوز يحدث من الاصابة بالمرض بعد التلف الناتج من الحشرات، فبدون المقاومة يمكن ان تكون هجن الذرة اقل تناسبا مع الحصاد الميكانيكى. وكل هذه العوامل تؤثر على الأداء الكلى للنبات اذا قيس بمحصوله ونوعية حبوبه.

وتعتمد مقاومة هجين ماعلى جينات المقاومة فى السلالات ، فلو كانت كل السلالات مقاومة فان الهجن عموما سوف تكون عالية المقاومة. ولو كانت سلالة واحدة فقط هى المقاومة فان مستوى المقاومة فى الهجين من المحتمل ان يقل. ولو كانت المقاومة يتحكم فيها بطريقة وصفيه qualitatively أى بواسطة جين سائد واحد أو عدد قليل من الجينات السائدة فان احتواء الهجين على سلالة مقاومة واحدة تحتوى الجينات السائدة من الممكن أن يكون كافيا ، بالرغم من أن مستوى المقاومة يمكن أن يتأثر بوجود الجينات المحورهmodifier genes فى السلالة الأخرى .

أ - امراض البادرات Seedling diseases

لفحة البادرات تقلل من عدد النباتات المتبقية من الذرة عندما يتبع الزراعة فترة من المناخ البارد الرطب الممطر. وكما تم مناقشته من قبل فان مقاومة الكائنات المسببة لامراض البادرات تعتبر عامل مهم عند تربية هجن مقاومة للبرودة للولايات الشمالية وربما تسبب العديد من انواع الفطر لفحة البادرات مثل الـ Diplodia maydis , Pythium من فطريات التربة

والـ Gibberella zeae فى المناخات الأبرد. ويستعمل اختبار البرودة لمقارنة تأثر سلالات الذرة او هجنها بأمراض لفحة البادرات.

ب- أمراض تعفن الجذر والساق والكوز

Root , stalk and ear rot diseases

تسبب امراض الجذور ضعفا للمجموع الجذرى لنبات الذرة وتقلل من امداد الماء والعناصر الغذائية للنبات وتجعل النبات حساسا لرقاد الجذور. ومرض الجذور الشائع (تعفن الجذور بالـ Pythium) يحدث من الاصابة بأنواع عديدة من كائن الـ Pythium الشائع الوجود فى معظم أنواع الأراضى كما أن الـ Gibberella zeae والـ Diplodia maydis قد تهاجم النبات عن طريق الجروح الموجودة فى الجذور والناتجة عن عمليات الزراعة او الاصابة بالحشرات.

وتسبب أعفان الساق انكسار السيقان والذى يحدث معظمه عند الحصاد نتيجة التلف بواسطة عفن ساق الـ Diplodia الذى ينتج عن الاصابة بالكائن Diplodia maydis. وغالبا ما تهاجم السيقان المجروحة بواسطة الصقيع أو أمراض الورقة او ثاقبات الذرة بالـ D. maydis لوان الامطار والظروف البيئية الأخرى كانت مناسبة. وعادة ما يحدث عفن ساق الـ Diplodia فى نهاية الموسم بعد ان تتكون الكيزان جيدا. وفى المناخ الأبرد فى شمال حزام الذرة قد يحدث عفن الساق بواسطة الـ Gibberella Zeae. كما أن عفن ساق الفيوزاريوم الذى يحدث بالاصابة بـ Fusarium moniliforme ينتشر كثيرا فى الولايات المتحدة الامريكية ، ولكنه يسود اكثر فى المناطق الأدفأ والأجف. ويحدث أيضا عفن الساق الفحمى Charcoal stalk rot فى المناطق الدافئة الجافة ، وهذا المرض يسببه الكائن Botryodiplodia phaseoli . والأنثراكنوز المتسبب عن الـ Collectotrichum graminicola قد يسبب عفن ساق شديد. وأعفان الساق البكتيرية المتسببة عن انواع من الـ Erwinia والـ Pseudomonas قد تهاجم نباتات الذرة الصغيرة.

وتؤثر العديد من أعفان الكوز على نبات الذرة ، والنوع الشائع فى الولايات المتحدة هو عفن كوز الـ diplodia المتسبب عن الفطر Diplodia maydis ، وهو نفس الكائن المسبب ايضا لعفن ساق الـ diplodia. وكثيرا ما تدخل الاصابة الكوز من خلال حامل الكوز ولكنها قد تدخل أيضا عن طريق قمة الكوز ، وفى الاصابة الشديدة يتكون غلاف من العفن رمادى اللون حول الكوز كله. كما أن عفن الحبوب القرمزى أو الفيوزارمى المتسبب عن الفطر Fusarium moniliforme غالبا ما يصيب الكوز من خلال أنفاق ديدان الكوز او اغلفة الكوز

السائبة. فأغلفة الكوز السائبة او الممزقة توفر ايضا طرقـا سـهلة لدخـول هـذا الكـائن ، ويجـب تجنب السلالات او الهجن التى تحمل هذه الصفات.

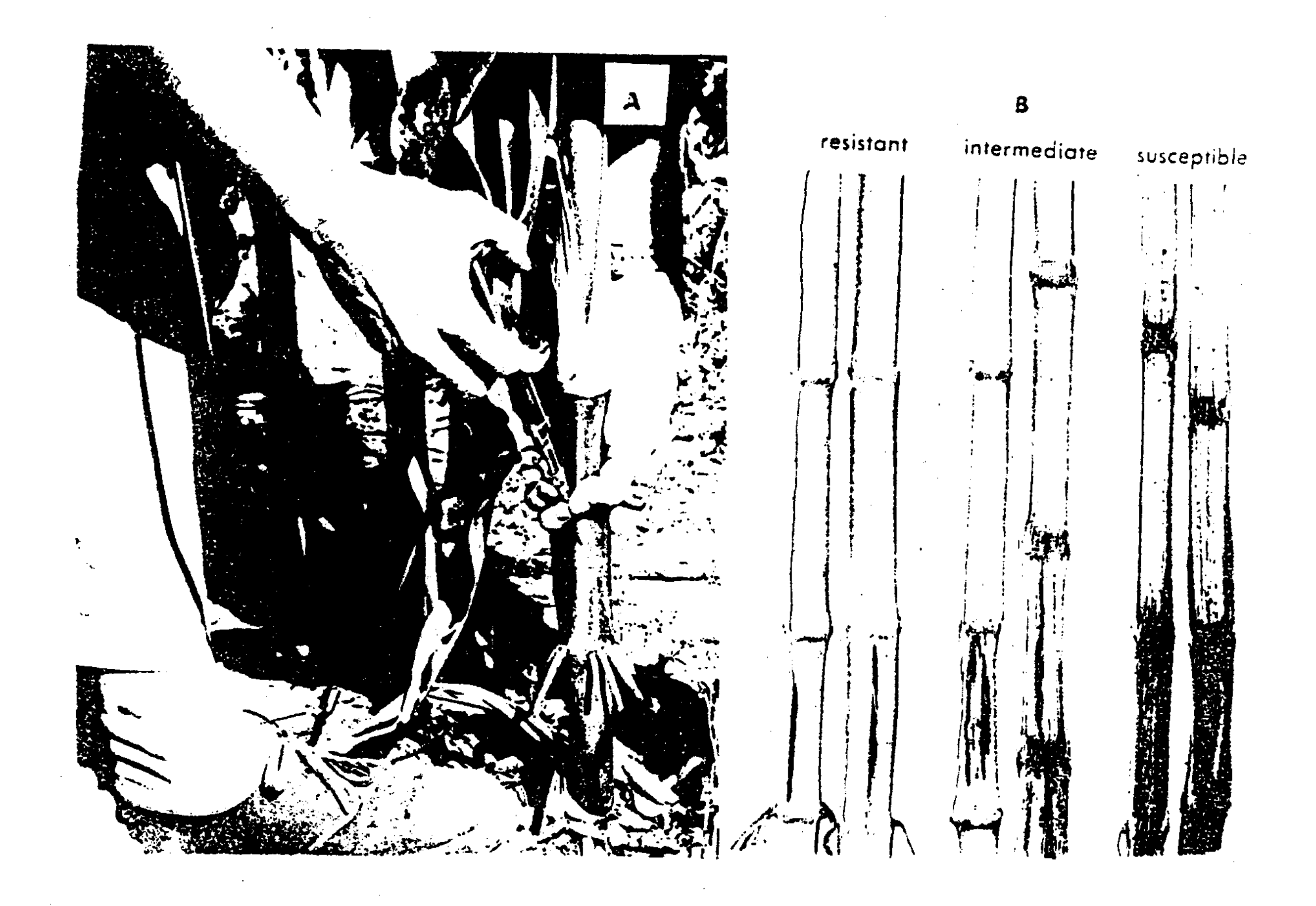
وتختلف سلالات وهجن الذرة فى تأثرهـا بـأمراض عفـن السـاق والكـوز. ويمكـن اجـراء الانتخاب للمقاومة فى الحقل تحت الظروف التى تسـاعد علـى العـدوى الطبيعيـة أو قـد يجـرى تحت ظروف العدوى الصناعية. وتتوارث المقاومة لهـذه الباثوجينـات المرضيـة بطريقـة كميـة quantitative تماما ويتم تعبيرها بدرجات مختلفة من المقاومـة او التحمـل. وتنعكـس المقاومـة فى صـورة زيادة اكبرلمقاومة النبات للرقاد وسقوط أقل للكيزان وزيـادة المحصـول. وغالبـا مـا يكون من الصعب تمييز الفروق المظهرية فى التلف الناتج عن المرض. ويمكن اجراء العـدوى الصناعية لسيقان الـذرة بكائنـات عفـن السـاق عـن طريـق حقـن معلـق جرثومـى داخـل السـاق بواسطة ابره رفيعة (صورة ٣٧) أوعن طريق ادخال خلة اسنان تحمل الكائن المسـبب لتعفـن الساق الى داخل ثقب يعمل فى الساق بعد حوالى عشرة ايام من التلقيح. وبعد عدة أسابيع يعمـل شق طولى فى الساق ، ويقدر مدى اتساع وشدة الاصابة للنسيج المريض كمقياس للمقاومة.

ج–التفحم Smut :

كائن التفحم Ustilago maydis قد يهاجم نبات الذرة وينتـج تورمـات وأكيـاس كبـيرة فى المناطق التى جرح فيها النبات بواسطة العمليات الزراعية او تسـاقط الثلـج (البـرد) أو أى مسببات اخرى. والانتخاب لمقاومة التفحم عملية سهلة نسبيا وبالرغم من ان الهجن تختلـف فـى المقاومـة الا ان معظـم الهجـن المنزرعـة لهـا بعـض المقاومـة. وتوجـد أشـكال (سـلالات) فسيولوجية عديدة من التفحم ، ولم يتم حتى الآن تطوير طريقة مناسبة للعدوى الصناعية لنبـات الـذرة بالنسبة للتفحم. وهنـاك نـوع آخـر مـن التفحـم يعـرف بتفحـم الـرأس يسـببه الفطـر Sphacelotheca reiliana ويسود فى آسيا وافريقيا وأستراليا وفى تكساس بالولايـات المتحـدة الامريكية ، ومعروف منه سلالتين واحدة تهاجم الذرة والاخرى تهاجم الـذرة الرفيعـة وتختلـف الاصناف والهجن فى مقاومتها له.

د –لفحات الاوراق Leaf Blights :

أمراض لفحة الورقة فى الذرة تتسـبب بواسـطة أنـواع مـن الـ Helminthosporium فلفحة أوراق الذرة الشمالية المتسببة عن H . turicum تنتشر فى المنـاطق الرطبـة مـن حـزام الذرة بالرغم من أن شدتها تختلف من سنه لأخرى. والاصابة الشديدة التى تتكـون قبـل خـروج الحريـرة قد تقلـل المحصـول بنسـبة ٢٠ –٣٠٪. وتتوفـر السـلالات والهجـن المقاومـة لهـذا المرض كما ان كلا النوعين من وراثة المقاومة فردية الجين monogenic ومتعددة الجينات



صورة رقم ٣٧: اختبار الهجن للمقاومة لمرض تعفن الساق:A = طريقة العدوى حيث يحقن المعلق داخل سلامية قريبه من قاعدة الساق وتحدد المقاومة عن طريق مدى انتشار المرض فى الساق.B = تأثر ثلاثة هجن ذرة بالعدوى الصناعية بالكائن المسبب للعفن الفحمى (Botryodiplodia phaseoli) ففى الهجن المقاوم لم ينتشر المرض أبعد من السلامية التيتم عدواها ، وفى الهجن المتأثر انتشر المرض الى العقدة الثانية والثالثة فوق نقطة العدوى.

multigenic قد ذكرت فى نتائج البحوث السابقة. أما لفحة ورقة الذرة الجنوبية التى يسببها الكائن H . maydis هى الأكثر انتشارا فى العالم وخصوصا فى المناخات الدافئة ، حيث يسبب هذا المرض مناطق ميته صغيرة رمادية الى قاتمه اللون على الاوراق. والسلالة T من الـ H . maydis سلالة باثوجينية (ممرضة) على الذرة المحتوية على السيتوبلازم العقيم من النوع التكساسى (cms - T (Texas Type. والسلالة الثانية وهى سلالة O وهى باثوجينية على الذرة ذات السيتوبلازم العادى. وشدة الاصابة بلفحة اوراق الذرة الجنوبية فى عام ١٩٧٠ على الذرة الهجين الذى كان ينتج فى ذلك الوقت باستخدام السيتوبلازم العقيم التكساسى أدت الى ترك هذا النظام وعدم استخدام السيتوبلازم التكساسى العقيم فى انتاج الذرة الهجن. وتختلف السلالات والهجن فى مقاومتها للسلالة O حيث أن المقاومة فى أغلب سلالات الذرة من النوع متعدد الجينات وبعض سلالات الذرة يتحكم فى المقاومة فيها جينين متنحيين فقط.

هـ - الصدأ Rust :

هناك ثلاثة أمراض صدأ تصيب الذرة وهى :

أ) صدأ الذرة الشائع المتسبب عن الفطر Puccinia sorghi.

ب) صدأ الذرة الجنوبية المتسبب عن الفطر Puccinia polysora.

ج) صدأ الذرة الاستوائية المتسبب عن الفطر Physopella zeae

وينتشر صدأ الذرة الشائع كل فى الولايات المتحدة الأمريكية ويمكن تمييزه بوجود بثرات مستديرة بنية على الاوراق. وتتوفر الجينات المتحكمة فى مقاومة هذا المرض سواء جينات المقاومة الخاصة أوالمقاومة العامة. ولكن التلف الناتج عن المرض فى الولايات المتحدة لم يكن فى أى وقت من الاوقات بالشدة التى تكفى لأن تكون سببا لبدء جهود برنامج تربية للمقاومة.

وبالنسبة لصدأ الذرة الجنوبية فإنه لم يسبب أضرارا كبيرة فى الولايات المتحدة ، ولكنه يسبب مشكلة كبيرة فى تايلاند والفلبين وبعض الدول الافريقية. أما صدأ الذرة الاستوائية فهو موجود فى المكسيك وأمريكا الوسطى.

و- البياض الزغبى Downy Mildew :

توجد تسعة انواع من البياض الزغبى فى الذرة كل منها يسببه كائن مختلف. والبياض الزغبى يسبب مشاكل كبيرة فى الدول الاستوائية وجنوب شرق أسيا. وأمراض البياض الزغبى الموجودة فى امريكا هى :

أ) القمة المجنونة Crazy top التى يسببها الفطر Scleroplh thora macrospora

ب) الكوز الاخضر Green ear الذى يسببه الفطر Sclerospora graminicola

ج) البياض الزغبى للسورجم الذى يسببه الفطر Sclerospora sorghi

والبياض الزغبى للسورجم هو اهم هذه الامراض بالرغم من أنه ظهر حديثا فى الولايات المتحدة. وقد تم التعرف على عدد قليل من السلالات المقاومة لهذا المرض.

الذبول البكترى Bacterial Wilt

والذبول البكتيرى المعروف بمرض ستيورات يكون شديدا على بعض هجن الذرة الحلوة Sweet Corn وأصبح أكثر إنتشارا على بعض سلالات الذرة المنغوزه. والكائن المسبب لهذا المرض هو بكتريا الـ Erwinia stewartii وتعتبر الهجن المقاومة مثل Golden Cross Bantam أحسن وسيلة للمقاومة فى الذرة الحلوة لهذا المرض.

الامراض الفيروسية Virus Diseases

أهم امراض الذرة الفيروسية المعروفة فى الولايات المتحدة الامريكية مرض التبرقش القزمى للذرة Maize dwarf mosaic (MDM) ومرض تقزم الذرة المخطط Maize chlorotic dwarf (MCD) وهى منتشرة فى الولايات المتحدة الأمريكية خصوصا عندما يزرع الذرة مجاورا لحشيشة جونسون التى تخدم كعائل خلال فصل الشتاء لهذه الفيروسات ومرض الـ MDM يسبب برقشة الأوراق الصغيرة ، وتوقف النمو ، ونشاط البراعم الجانبية وتدكير النباتات ، بينما يسبب مرض الـ MCD ظهور الكلوروفيل بين عروق الورقة وتوقف نمو النبات خصوصا فوق الكوز. ولقد حددت العديد من سلالات فيروس الـ MDM التى تنقل بواسطة أنواع عديدة من المن. وتختلف سلالات الذرة فى مقاومة كلا الفيروسين. وقد وجد أن النوع البرى من التيوسينت Zea diploperennis مقاوما لمرض الـ MCD.

موقف التربية لمقاومة امراض الذرة فى مصر

يصاب الذرة فى مصر بالعديد من الأمراض التى تسبب فقدا كبيرا فى كمية المحصول ونوعيته. وأهم أمراض الذرة المنتشرة فى مصر هى :

١- مرض الذبول المتأخر Late wilt المتسبب عن الفطر Cephalosporium maydis.

٢- مرض التفحم الشائع Common smut المتسبب عن الفطر Ustilago maydis .

٣- مرض لفحة الاوراق Leaf blight المتسبب عن الفطر Helminthosporium turicum .

٤- مرض البياض الزغبى Downy mildew المتسبب عن الفطر Prenosclerospora sorghi

٥- بعض الامراض الفيروسية

ومرض الذبول المتأخر أخطر مرض هدد انتاج الذرة فى مصر فى أوائل الستينات ومنذ ذلك الوقت بذلت مجهودات كثيرة لاستنباط أصناف وهجن مقاومة له. وأنشأت حقول أمراض فى سخا والجميزة وسدس والجيزة حيث يتم العدوى الصناعية لتربتها بسلالات الكائن المسبب للذبول المتأخر. ويتم اختبار التراكيب الوراثية المنزرعة فى هذه الحقول بانتظام بعد ٣٥ يوم من التزهير. ونتيجة للعمل المكثف تمكن مربى الذرة فى مصر من استنباط أصناف تركيبية مثل جيزة -٢ وهجنا مثل الهجين الفردى ١٠ والثلاثى ٣١٠ والزوجى ٢٠٤ ، ٢١٥ مقاومة للذبول المتأخر ، ووزعت على المزارعين فى كل أنحاء مصر. وقد اثبتت البحوث ان مقاومة الذبول المتاخر يتحكم فيها عديد من الجينات بينما ذكرت هنية الاتربى (١٩٨٤) أنه يوجد على الاقل ثلاثة جينات تتحكم فى المقاومة ، فى حين ذكر لبيب (١٩٧٢) ان المقاومة يتحكم فيها خمسة جينات.

كما يتم تقييم السلالات والاجيال الانعزالية المختلفة من حيث مقاومتها لمرض التفحم الشائع فى محطة التجارب الزراعية بالجيزة وكانت العدوى الصناعية تجرى باستخدام سلالات مختلفة من المسبب المرضى المجمعه من مختلف المواقع. ووجد ان المقاومة تتوارث الى النسل بطريقة بسيطة. وقد تم حصر التراكيب الوراثية المقاومة لاستخدامها فى استنباط سلالات وهجن مقاومة للتفحم.

اما مرض البياض الزغبى فقد اكتشف فى مصر لأول مرة فى مزرعة الجيزة التجريبية التابعة لوزارة الزراعة عام ١٩٣١ ولكنه ظهر بشدة فى بعض حقول الذرة التى كانت تزرع بجوار أو بعد محصول السورجم فى محافظة كفر الشيخ عام ١٩٧٧ (فى محطة التجارب بسخا). ومنذ ذلك الحين انتشر هذا المرض بشدة فى المحافظات الأخرى. ويعتبر السورجم هو العائل الاصلى للفطر المسبب للبياض الزغبى والذى يسبب انتشاره فى زراعات الذرة التى تعتبر العائل الثانى لنفس هذا الفطر. وتختلف نتائج الدراسات التى اجريت على الطبيعة الوراثية لمقاومة هذا المرض ففى حين اثبتت الدراسات التى اجريت فى تايوان انه يتحكم فى وراثة مقاومة هذا المرض جين واحد فقط سمى بالـ Dmr ، فانه فى تكساس اظهرت دراسة أنه يتحكم فيه من ٢-٣ جينات ، بينما تشير الدراسات التى اجريت فى الفليبين واندونيسيا والهند ان المقاومة لهذا المرض يتحكم فيهاالعديد من الجينات. وفى مصر أثبتت تجارب حديثة أجراها النجار واخرون (١٩٩٦) ان المقاومة لهذا المرض يتحكم فيها جين واحد فقط (وراثة بسيطة) وان نسبة التوريث بمعناها الخاص لصفة المقاومة تراوحت بين ٦٦,٤ - ٨٩,٥٪ اى ان

الانتخاب يمكن ان يكون فعالا فى تحسين هذه الصفة ويجرى حاليا الاستفادة بالسلالات المقاومة فى استنباط هجن مقاومة لهذا المرض.

وبالنسبة لمرض لفحة الاوراق فانه لا يمثل حاليا مشكلة خطيرة ولكنه يسبب بعض الاضرار لزراعات الذرة فى شمال مصر لذلك يجرى حاليا اختبار المواد الوراثية من حيث مقاومتها لهذا المرض فى محطة التجارب الزراعية بالنوبارية.

وفى السنين الاخيرة بدأت امراض الذرة الفيروسية وخصوصا التقزم الأصفر للشعير Barley yellow dwarf تشكل مشكلة خطيرة لزراعة الذرة فى مصر ولذلك بدأ العمل فى تقييم سلالات الذرة مختلفة المصدر بالنسبة لمقاومتها بهدف انتخاب المقاوم منها واستخدامه فى استنباط الهجن المقاومة لهذه الامراض الفيروسية.

مقاومة الحشرات Insect Resistance

لقد تم الاشارة سابقا الى الارتباط بين المقاومه للحشرات والامراض والمقاومة للرقاد وسقوط الكيزان. والحشرات التى جذبت اهتمام برامج تربية الذرة هى ديدان جذر الذرة وديدان كوز الذرة وثاقبات الذرة كما اختبرت أيضا المقاومة لحشرات الحبوب المخزونة .

١- ديدان جذر الذرة Corn Rootworms

هناك ٣ انواع من ديدان جذر الذرة تسبب تلفا شديدا للذره وهى : ديدان جذر الذرة الغربية Diabrotica virgifera وديدان جذر الذرة الشمالية D . longicornis وديدان جذر الذرة الجنوبية D undccimpuncata howardi . وتتغذى ديدان جذر الذرة الغربية والشمالية بصفة عامة على الجذور الصغيرة أو على الشعيرات الجذرية بينما تتغذى ديدان جذور الذرة الجنوبية على القمة النامية للجذور. والتلف الشديد للجذور الناتج عن تغذية ديدان الجذر يسبب الرقاد والنقص الكبير فى المحصول.

وقد زاد انتشار ديدان الجذر الغربية مما نشط البحوث لايجاد سلالات وهجن ذره مقاومة لها. وترتبط مقاومة او تحمل هجن الذرة بحجم المجموع الجذرى او بقدره نبات الذرة على تجديد جذور جديدة بعد تلف المجموع الجذرى. ويقيم التلف الناتج من دودة جذر الذرة عن طريق زراعة هجن فى زوج من الخطوط مع خط غير معامل وخط اخر معامل بالمبيد الحشرى المناسب وتقارن بعد ذلك القوة اللازمة لسحب النبات من الخط بالنسبة للبلوتات

المعاملة وغير المعاملة. وكذلك يمكن اختبار حجم الجذر حيث تختلف السلالات والهجن فى مقاومة سحب الجذور وفى حجم الجذور ولكن وجد أنه لا تتوفر الهجن ذات المقاومة العالية. وتقلل الخنافس الناضجة لدودة جذر الذرة الغربية من عقد البذور عن طريق التغذية على الحرائر ومنع التلقيح العادى. وقد لوحظ وجود فروق فى التغذية على اوراق السلالات النقية الناتجة عن الخنافس الناضجة.

ب- ديدان كوز الذرة Corn Earworm

ان دودة كوز الذره (Heliothis zea) هى أحد أكثر حشرات الذره تدميرا. فهى تتغذى تقريبا على كل جزء من نبات الذره ولكن يحدث اكثر تلف على الحرائر والكيزان الصغيرة. واليرقة الصغيرة التى تتغذى على الحرائر تحفر بالتدريج نفقا فىالكوز وتتغذى على الحبوب. و الأنفاق الناتجة عن اليرقة تسهل دخول الحشرات الاخرى والكائنات المسببة للامراض. وأحد المجهودات المبكره لمقاومة الحشرات فى النباتات عن طريق التربية كان استنباط سلالات من الذرة الحلوة مقاومة لدودة كوز الذرة. ولكى تكون هجن الذرة مقاومه لدودة الكوز يجب أن تتصف بالآتى :

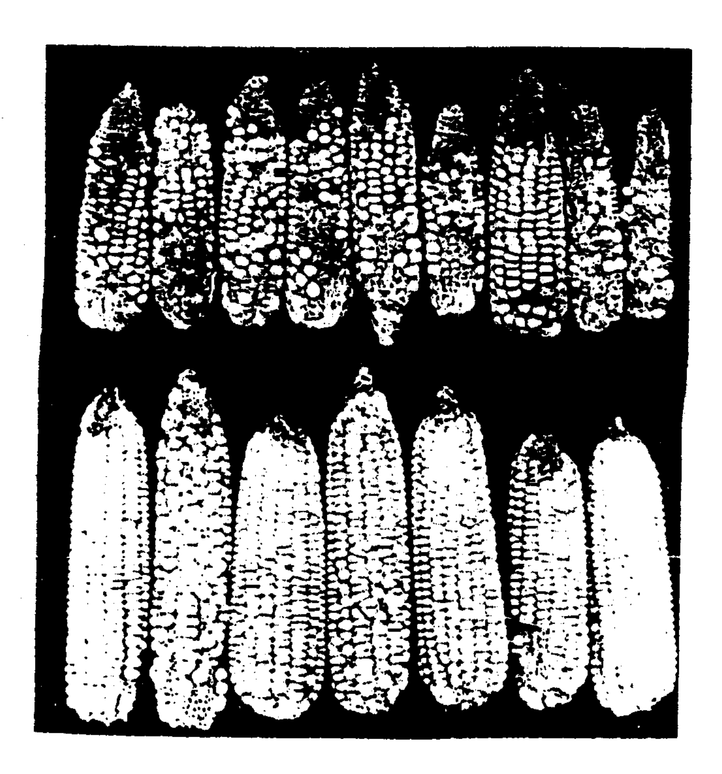
أ- أغلفه كوز طويلة .

ب- أغلفه كوز محكمة الاقفال حول الكوز.

ج- رص الكيزان عند قمتها بحبوب صلبة التكوين.

د- حرائر تحتوى على جليكوسيد المايسين maysin الذى يثبط نمو وتكوين يرقات طبيعية.

فبالرغم من أن سلالات الذرة التى تتصف بأغلفه كوز طويله وممتده بمقدار بوصة أو أكثر بعد قمة الكوز تتحمل تلفا أقل عن السلالات قصيرة الاغلفه ، فان إحكام تثبيت الاغلفة فوق نهاية الكوز لشىء هام أيضا. فعندما تجابه ديدان كوز الذرة بغلاف ممتد شديد الاحكام فانها تلجأ غالبا لأكل بعضها وبالتالى يقل عدد اليرقات الناتجه مكتملة النمو . كما أن الحبوب الصلبه ذات النسبه العالية من النشا الصلب ليست جذابة لديدان الكوز بالمقارنه بالحبوب ذات النسبة العالية من النشا الطرى. وتختلف أيضا الهجن فى وجود مادة المايسين فى الحرائر التى تحدث تثبيطا للنمو العادى ولتكوين يرقات ديدان كوز الذرة (صورة ٣٨) وفى ولاية ميسورى أنتج صنفين تركيبين من الذرة دخل فيهما سلالات مقاومة كاباء • وكان الانتخاب الاجمالى لفترة اكثر من ١٠ اسنوات فعالا فى تقليل تلف الحبوب بمقدار ٨و٢ ٪ كل جيل.



صورة ٣٨: مقارنة التلف فى السلالات النقية الناتج عن ديدان كوز الذرة فى السلالة المتاثرة (أعلى الصورة) والسلالة المقاومة (أسفل الصورة).

ثاقبات الذرة Corn Borers

يوجد ثلاثة أنواع من ثاقبات الذرة ذات تاثير تدميرى على الذرة فى الولايات التحدة الامريكية وهى :

١- ثاقبة الذرة الاوربية (Ostrinia nubilalis)

٢- ثاقبة الذرة الجنوبية الغربية(Diatraea grandiosella)

٣- ثاقبه ساق الذرة الجنوبية (Diatraea crambidoides)

وقد أكتشفت ثاقبة الذرة الأوربية لاول مرة فى الولايات المتحدة سنة ١٩١٧ وانتشرت خلال الـ٢٠-٣٠ سنة التالية فى الغرب والجنوب من ولاية نيوانجلاند ثم استمرت فى الانتشار حتى غطت كل مساحة حزام الذرة. ويحدث التلف من الجيل الثانى لهذه الثاقبة نتيجة كسر الساق وسقوط الكوز ونقص المحصول وزيادة هجوم الكائنات المسببة للامراض داخل السيقان والكيزان عن طريق الانفاق التى تحفرها الثاقبة. وفى حزام الذرة تنتج هذه الثاقبة جيلين كل موسم يظهر الجيل الاول فى يونيو او يوليو ويتغذى اساسا على الاوراق التى لم تظهر بعد من

بلعوم النبات ويظهر الجيل الثانى فى أواخر يوليو أو اغسطس ويتغذى على حبوب اللقاح المتجمعة فى آباط الاوراق وعلى أغماد الاوراق ، وبعد ذلك تحفر اليرقات انفاقا داخل السيقان أو أغلفة الكوز أو حوامل الكوز.

وقد ادت برامج التربية المكثفة الى استنباط سلالات وهجن مقاومة. تسبب المقاومة لتغذية الجيل الاول من هذه الحشرة على الورقة عوامل وراثية مختلفة عن تلك المسببة للمقاومة لتغذية الجيل الثانى من الحشرة على أغماد الاوراق او المقاومة لحفر الحشرة فى حوامل الكيزان والسيقان. ويتم تقييم المقاومة لمرحلة التغذية على الاوراق بواسطة وضع لطع البيض المرباه صناعيا داخل بلعوم الاوراق واعطاء درجات لمقدار التلف من التغذية على الاوراق بمقياس من ١ الى ٩ وقد اظهرت العديد من السلالات مقاومة لتغذية الحشرة على الاوراق. وتقيم مقاومة المرحلة الثانية عن طريق لصق لطع البيض الناتجة صناعيا على السطح السفلى لاوراق الذرة التى تقع أعلى وأسفل الكوز مباشرة خلال فترة انتشار حبوب اللقاح ، وتقدر المقاومة او التأثر بواسطة عد الانفاق فى حامل الكوز وفى الساق. ولقد كان من الصعب العثور على ذره مقاومة للتغذية وحفر الانفاق بهذه الثاقبات فى المادة الوراثية المحلية بالولايات المتحدة ، ولكن وجد أن بعض السلالات الاستوائية كانت مقاومة (صورة رقم ٣٩).



صورة رقم ٣٩: مقارنه التلف الناتج عن ثاقبة الذرة الأوربية فى هجينين متأثرين (على اليسار) وهجينين مقاومين (على اليمين) ، حيث تقارن مقاومة السلالات والهجن بقياس طول النفق .

وكان برنامج الانتخاب الدورى لمقاومة تغذية الجيل الاول لثاقبة الذرة الاوربية على الأوراق ناجحا فى زيادة مستوى المقاومة فىأحد الأصناف التركيبية ووجد ان المقاومة للتغذية على الاوراق تنتج من انزيم يحول الجلوكوسايد (وهو سكر نباتى) الى مركب يعرف بالـ DIMBOA وهذا المركب ذو طعم منفر لثاقبات الذرة وقد زادت مقاومة الجيل الثانى فى أحد عشائر الانتخاب الدورى ، حيث نقص طول النفق (الناتج عن الثاقبة) فى المتوسط بمقدار ٨,٤ سم لكل دورة (كمتوسط لثلاث دورات انتخابية).

وفى مصر يصاب الذرة بشدة بأنواع مختلفة من الثاقبات أهمها ثلاثة :

١- دودة القصب الكبيرة Pink stem borer (Sesamia cretica).

٢- دودة القصب الصغيرة Oriental corn borer (Chilo agamemnon).

٣- دودة القصب الاوربية European corn borer (Ostrinia nubilalis).

وبجانب التلف الذى تسببه هذه الثاقبات للذرة فى مصر فانها تعتبر ايضا السبب فى حدوث الاصابة الثانوية ببعض الامراض الفطرية والبكتيرية. وتعتبر دودة القصب الكبيرة هى اكثر الثاقبات خطورة على الذرة فى مصر مما دعى مربو الذرة فى مصر الى الاهتمام بمحاولة استنباط اصناف مقاومة لها وتم انشاء معمل خاص لبحوث ثاقبات الذرة فى قسم بحوث الذرة بمركز البحوث الزراعية. وتمكن أخيرا النجار وآخرون (١٩٩٧) من التوصل لطريقة معملية ناجحة لتربية الحشرة صناعيا والحصول على أجيال عديدة منها على مدار العام لكى يستخدمها المربون فى العدوى الصناعية المنتظمة فى الوقت المناسب وبالأطوار والاعداد المناسبة وقد توصل هؤلاء الباحثون أيضا الى ان المقاومة لهذه الحشرة فى الذرة مقدره حسب نسبة النباتات المصابة وشدة الاصابة يتحكم فيها جينين سائدين اما عندما قدرت حسب نسبة النباتات ذات القلب الميت Dead hearts فوجد انه يتحكم فى هذه الصفة خمسة جينات.

د- حشرات الحبوب المخزونة Stored grain insects

العديد من الحشرات والتى تشمل سوس الذرة والارز(Sitophilus oryzae &. S.zeamaize) وفراشة الحبوب (Sitotroga cerealella) وفراشة الدقيق الهندية(Plodia interpunctella) تسبب تلف شديد للذرة فى المناخات الحارة. وقد تصيب هذه الحشرات الذرة فى الحقل قبل الحصاد او بعد ان يتم تخزينه. وغالبا ما تنتج الاختلافات فى المقاومة الحقلية لاصناف الذرة بالنسبة للتلف الناتج من هذه الحشرات من الاختلافات فى الحماية باغلفة الكوز.

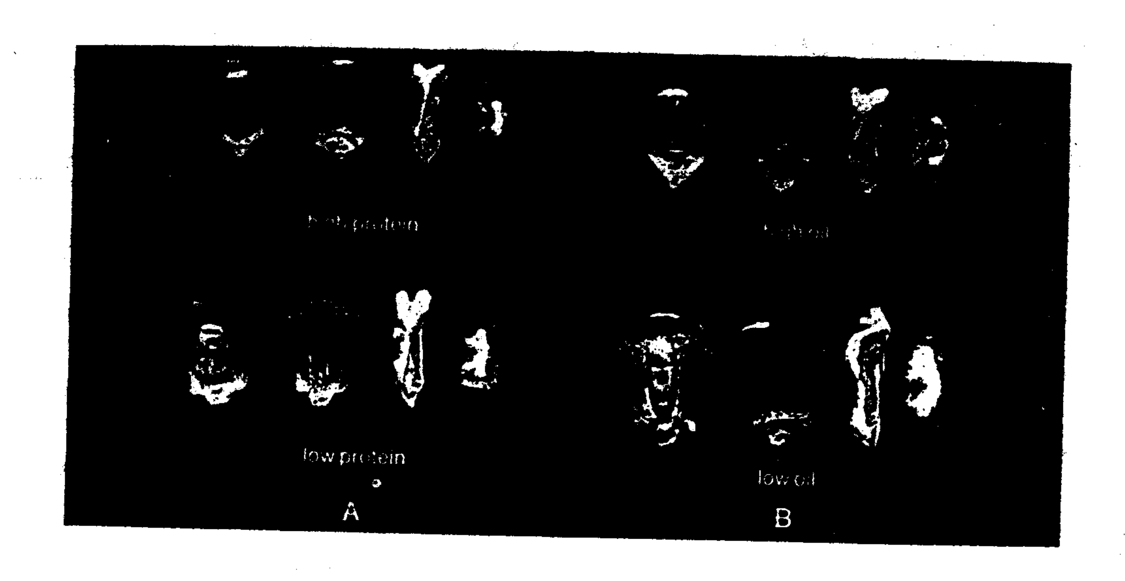
النوعية Quality

ان محاولات تحسين نوعية الـذرة بالتربيـة يجـب ان تـاخذ فـى الاعتبـار الاسـتعمال الـذى سوف يستخدم فيه الذرة. ويمثل الغذاء الحيوانى حوالى ٩٠٪ من الذرة المستعملة فى الولايـات المتحدة ، والـ ١٠٪ الباقية تسـتخدم فـى الطحـن والاستعمالات الصناعيـة الأخـرى او تسـتخدم كتقاوى. ونظرا لان الذرة غذاء عالى الطاقة ومنخفض فى البروتين لذلك فقد اعطـى الاهتمـام الى امكانيات زيادة كمية ونوعية محتوى البروتين لتحسين قيمته الغذائية للحيـوان أو للانسـان. وزيت الذرة هو ناتج ثانوى قيم لعملية الطحن وزيادة محتوى الزيت يمكن ان يزيد قيمـة الـذرة لصناعة الطحن التى ينتج عنها منبتحات زيت الذرة.

أ- تربية ذرة عالية البروتين Breeding High Protein Corn

لقد اتضح فى محطة التجارب الزراعية بإلينوى امكانية زيادة محتوى بروتيـن الـذرة عـن طريق التربية . حيث بدأ عام ١٨٩٦ بالصنف مفتوح التلقيح Burr White الـذى كـانت نسبة البروتين فيه ١٠,٩٠٪ زادت الى ١٤,٢٦٪ بعد ١٠ اجيال من الانتخاب بطريقـة الكـوز للخـط وبعد ٧٠ جيل من الانتخاب زادت الى ٢٦,٦٪. وفى تجربة انتخاب موازية احتوت سلالة مـن نفس الصنف بعد الانتخاب لمدة ٧٠ جيل للبروتين المنخفض على ٤,٤٪ فقط بروتين. (صورة رقم ٤٠).

وتشير الأدلة المتعلقة بالوراثة ان محتوى البروتين صفة كمية quantitative تشمل العديد من الجينات كل منها له أثر تجميعى (مضيف). وقد يزيد محتوى البروتين فـى الهجـن بزيـادة القدرة الوراثية لانتاج البروتين فـى السـلالات الأبويـة. كمـا أن محتـوى البـروتين يتـأثر أيضـا بالبيئة التى تزرع فيها الذرة. ولكى ننتج محتوى بروتين عالى فى الهجن فانـه مـن الضـرورى بصفة عامة ان تزرع هذه الهجن فى تربة يتم امدادهـا بوفـرة بـالنيتروجين . وزيـادة البـروتين الكلى لهجين ما عن طريق التربية قـد لا يحسـن القيمـة الغذائيـة للـذرة لبعـض انـواع الماشـية. فالبروتين فى الذرة يتركب من جزئين (أ) بروتين موجود فى الجنين وهو متزن غذائيا ولكنـه يمثل فقط حوالى ٢٠٪ من البروتين الكلـى فـى الـذرة و(ب) بروتيـن موجـود فـى الاندوسـبرم يعرف باسم الزين Zein والذى يحتوى على كميات غير كافية مـن حمضيـن أمينيـن أساسـيين هما الليسين والتربتوفان ، ولذلك يعتبران ناقصين من الناحية الغذائية وعند زيادة محتوى



صورة رقم ٤٠: صفات الحبه لسلالات ذرة منتجة للتركيب الكيماوى A. - سلالات عالية ومنخفضة البروتين . تميل السلالات عالية البروتين أن تكون حبوبها أصغر وبها اندوسبيرم قرنى اكثر عن السلالات منخفضة البروتين B. - سلالات عالية ومنخفضة الزيت وللسلالات عالية الزيت جين كبير بالنسبة لبقية الحبة ، أما السلالات منخفضة الزيت فيكون لها جنين صغير .

بروتين الذرة بالتربية او باضافة السماد النتروجينى فان جزء الزين يزيد بسرعة أكبر من البروتين غير الزينى. ولهذا فان القيمة الغذائية للذرة عالية البروتين للحيوانات غير المجتره لا ترتفع بدرجة متناسبة مع الزيادة فى النسبة المئوية للبروتين فى الهجين

ب - تحسين نوعية البروتين Improving Protein Quality

عرفت النوعية الرديئة لبروتين الذرة منذ أن تبين فى عام ١٩١٤ أن معظم بروتين الذرة (الزين) يخلو تقريبا من الليسين والتربتوفان ، وبالبحث عن ذرة به زين قليل فى البروتين فى محطة بوردو للتجارب الزراعية وجد ان هناك سلالتين من الذرة بها جينات طافرة Floury - (2, Opaque -2) ينتجان محتوى من الليسين أعلى بكثير جدا عن الذرة العادية. فقد كان

محتوى الليسين للطفرة opaque -2 هو ٤٪ من بروتين الاندوسبرم (ضعف الذرة العادية) بينما محتوى الليسين للطفرة floury -2 كان ٣,٤٪. ونظرا لان محاصيل الحبوب (والتى تشمل الذرة) تشكل جزءا هاما من الغذاء الآدمى فى الدول النامية فان البحث عن جينات لمحتوى الليسين العالى يعتبر وسيلة مباشرة يمكن بواسطتها تحسين غذاء الناس المستهلكين للذرة كما أنها وسيلة لزيادة قيمة الذرة لتغذية الحيوانات غير المجتره. فقد ثبت من الدراسات على كل من الانسان والحيوانات وحيدة المعدة أن هناك امكانية كبيرة لطفرة الذرة (الـ opaque -2) فى تحسين التغذية. وقد أدى ذلك الى البدء فى بحوث موسعة فى مواقع كثيرة لتربية ذرة ذات محتوى ليسين عالى ، كما أنه ادى الى البحث عن جينات يمكن ان تحسن الاتزان الغذائى للقمح والشعير والذرة الرفيعة وبقية محاصيل الحبوب.

وبالرغم من التقدم الذى تم الا أن بعض الصعوبات الرئيسية قد اعترضت هذا التقدم فقد نقص كل من محصول الحبوب ووزن الحبه بادخال جين الـ opaque -2 او الـ floury -2 كما احتوت حبة الذرة الناتجة على اندوسبرم طرى نشوى ، وهوغير مقبول كطعام لكثير من الناس الذين يستهلكون عادة كميات كبيرة من الذرة فى غذائهم ، كما ان سلالات الذرة التى بها جينات opaque -2 او floury -2 اتصفت بتأثرها الكبير بأعفان الكوز وبالحشرات مقارنة بسلالات الذرة العادية.لذلك فانه اذا لم يتم التغلب على هذه الصعوبات فانه لن يتم التوسع فى زراعة الذرة عالية الليسين. وقد تبين أن النقص فى محصول الحبوب ونوعية الحبة تختلف باختلاف التركيب الوراثى للذرة ، وقد أدى هذا الى انتخاب جينات محوره modifier تؤثر على تعبير جين الـ opaque -2 وانتخاب جينات محورة تزيد محتوى الليسين فى سلالات الذرة التى تخلو من جين opaque -2 . وبالاضافة لذلك تم اختبار جينات طافرة اخرى بالنسبة لتأثيرها على نوعية البروتين وعلى الصفات الأخرى للنبات والبذره.

ج - محتوى زيت عالى High Oil Content

أن تجربة محطة الينوى على التربية لمحتوى عالى ومنخفض من البروتين صاحبها أيضا دراسة على التربية للمحتوى العالى والمنخفض من الزيت . فكان محتوى الزيت فىالصنف الاصلى Burr White ٤,٧٪ زاد الى ٧,٣٧٪ بعد ١٠ أجيال من الانتخاب بطريقة الكوز للخط للزيت العالى والى ١٦,٦٤٪ بعد ٧٠ جيل من الانتخاب. واحتوت السلالة المنتخبة لمحتوى الزيت المنخفض على ٠,٤٠٪ زيت بعد ٧٠ جيل. ونظرا لأن معظم الزيت فى الذرة يكون موجودا فى الجنين ، فان انتخاب سلالات بأجنه كبيرة سوف يزيد نسبه الزيت (صورة ٤٠) بالرغم من ان نسبة الزيت فى الجنين سوف تختلف بعض الشىء.

ان قيمة المحتوى العالى للزيت للمستخدم الصناعى للذرة الذى يستخلص زيت الجنين كمنتج ثانوى فى الطحن هو شيء يمكن فهمه أما ماهو مقدار التركيز الذى يجب ان يعطيه المربى لزيادة محتوى الزيت فى الذرة فهو سؤال لا يستطيع المربى الاجابة عليه. وقد أدت معظم الجهود التى بذلت لزيادة محتوى الزيت فى الذرة الى نقص فى محصول الحبوب ، وفى محتوى حمض اللينوليك فى الزيت. وحمض اللينوليك هو حمض دهنى غير مشبع ولذلك فان المحتوى العالى لحمض اللينوليك فى زيت الذرة هو شيء مرغوب بالنسبة للأغذية قليلة الكوليسترول. ومحتوى الزيت مثل محتوى البروتين صفة كمية فى توارثها. وفى حين أن استنباط أصناف ذرة بمحتوى زيت عالى لأغراض الطحن ربما يكون مرغوبا الا أنه سوف يكون من الضرورى أيضا الحفاظ على محصول عالى من الحبوب حتى نجعله مربحا بالنسبة للمزارع وفى نفس الوقت الحفاظ على المستويات العالية من حمض اللينوليك فى الزيت.

د- ذرة الطحن Corn for Milling

الذرة المستخدمة لأغراض الطحن يتم عليها اما عملية الطحن الجاف أو الطحن الرطب. والذرة المستخدمة فى عملية الطحن الجاف تذهب الى صناعة جريش البيره brewers grits ورقائق الذرة الصغيرة corn flakes وجريش الذرة hominy grits ودقيق الذرة وغيرها من المنتجات. ويفضل الطحان الجاف الذرة البيضاء ذات المواصفات التالية : (أ) حبة متوسطة الصلابة بدون الكثير من النشا الطرى على القمة او النهاية المنغوزه ، (ب) حبه عريضة مربعة سميكة (أما الحبوب المستديرة فهى غير مرغوبة) ، (ج) النغزة المتوسطة ، (د) القولحة البيضاء . وفى الولايات المتحدة نظرا لأن معظم هجن الذرة من الانواع الصفراء فان الكثير من المزارعين انقطعوا عن زراعة الذرة البيضاء عندما تحولوا من زراعة الاصناف مفتوحة التلقيح الى الذرة الهجين وبذلك خلقت مشكله نقص الطراز المطلوب لصناعةالطحن الجاف ، ومنذ ذلك الحين استنبط المربون هجنا بيضاء بطرز حبه مرغوبة للطحن الجاف. ونظرا لأن هجن الذرة البيضاء تعطى بصفة عامة محصولا أقل من الهجن الصفراء فقد أعطيت أولوية لجعل انتاج الذرة البيضاء جذابا للمزارع.

وفى مصر اظهرت دراسة قام بها النجار واخرون (١٩٩٤) بأن التراكيب الوراثية المختلفة للذرة تتفاوت فيما بينها فى الصفات النوعية للخبيز عندما يخلط دقيق القمح بنسب مختلفة من دقيق الذرة لعمل الخبز البلدى وخبز التوست. فوجد أن اضافة ١٠٪ من دقيق الذرة أعطى أحسن صفات للخبز البلدى وخبز التوست عن اضافة ٢٠٪ دقيق ذره ، وان هناك تراكيب وراثية من الذرة تصلح فى الاستخدام حتى ٢٠٪ مع اعطاء خبزا مقبولا بالاضافة

لقيمتها الغذائية العالية. وقدر أن استبدال ١٠٪ أو ٢٠٪ من دقيق القمح بدقيق الذرة عند عمل الخبز فى مصر يعنى توفير ٠,٥ او ١,٠ مليون طن فى السنة من استيرادنا من دقيق القمح ، اى يمكن توفير ما قيمته حوالى ٢٥٣ او ٥٠٥ مليون جنيه مصرى فى السنه بأسعار عام ١٩٩٤.

اما الهدف الاولى للطحن الرطب فهو استخلاص النشا من حبه الذرة للاغراض الصناعية ، ولكن الزيت والبروتين فيتم الحصول عليها كنواتج ثانوية ذات قيمة عالية. والصفات النوعية المطلوبة فى الذرة بواسطة الطحان الرطب هى نفسها المرغوبة بواسطة مستعمل الذرة كغذاء حيوانىلذلك فليست هناك مشاكل تربية خاصة باستعمال الذرة فى الطحن الرطب.

هجن لأغراض خاصة Special Purpose Hybrids

وبالاضافة لاستنباط هجن ذرة من اجل الاستخدام فى تغذية الماشية وفى صناعة الطحن، فقد تم كذلك استنباط هجن لاغراض خاصة. وبعض طرز الذرة ذات الأغراض الخاصة هى:

(أ) الذرة الحلوة Sweet corn.

(ب) الذرة الفشار Popcorn.

(ج) الذرة الشمعية Waxy corn.

(د) ذرة البايب Cob pipe corn.

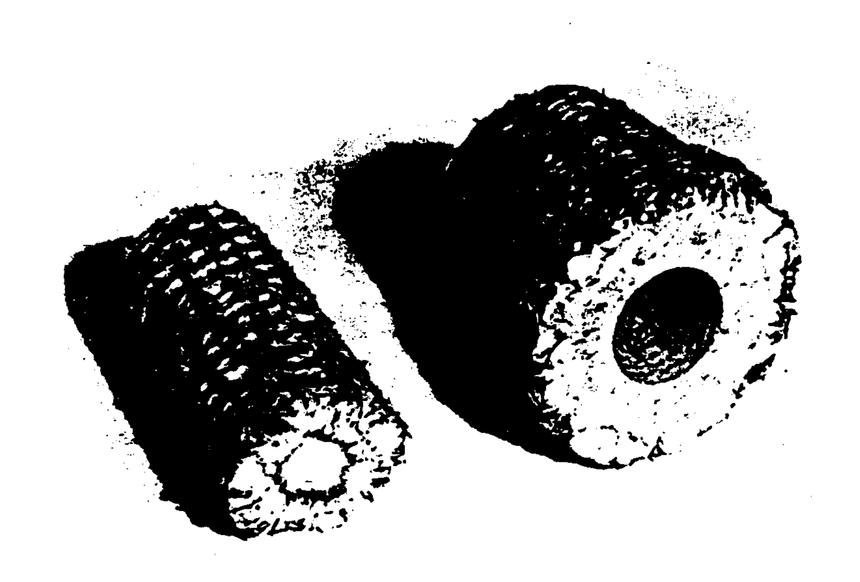
وأهمية الذرة الحلوة والذرة الفشار قد تم دراستها جيدا وبذل مجهود كبير لتربية هجن من هذه المحاصيل وما عدا صفات الحبه فلاتختلف المشاكل التى تتضمنها هذه المحاصيل عن المشاكل عند التربية لهجن الذرة الحقلية.

وعموما فإن هجن الذرة الحلوة Sweet corn تحتوى على جين متنحى للاندوسبرم السكرى يرمز له بالرمز (su) ويمكن زيادة محتوى السكر واطالة فترة أحسن نوعيه له عن طريق وجود جين مطفر آخر يسبب كرمشة الحبوب يسمى Shranken - 2 ويرمز له بالرمز (sh2) والهجن التى تحتوى على هذه الجينات عادة ما تسمى الذرة المتفوقة فى الحلاوة (Supersweet) أو الذرة فائقة الحلاوة (Extrasweet).

وتحتوى الذرة الشمعية على نوع خاص من النشا الاندوسبرمى (يسمى الاميلوبكتين) الذى يسمح لها بالاستخدام فى تصنيع المواد اللاصقة والصموغ. كما طورت الذرة أيضا لزيادة

محتوى الأميلوز amylose والأميلوز هو أحد مكونات النشا يستخدم فى تصنيع منتجات تجارية عديدة. وتتوارث صفة الشمعية Waxy بواسطة جين متنحى واحد.

كذلك تم استنباط هجن ذرة للبايب ذات قوالح كبيرة للاستخدام فى تصنيع بايبات من قوالح الذرة (صورة ٤١). وهذه الهجن ذات استخدام محدود ويقتصرعلى المناطق التى تصنع بايبات القوالح.



صورة ٤١: مقارنة قولحه من هجين عادى (على اليسار) مع هجين مربى من اجل إنتاج البايب (على اليمين) .

المركز الدولى لتحسين الذرة والقمح (السيميت)

المركز الدولى لتحسين الذرة والقمح - السيميت CIMMYT هو مركز بحثى دولى مخصص لتحسين الذرة والقمح على المستوى العالمى. والسيميت الواقع بالقرب من مدينه مكسيكوسيتى فى المكسيك ثم انشاؤه فى عام ١٩٦٦ ، ولكن البرنامج البحثى بدأ قبل ذلك بـ ٢٠ عاما كبرنامج بالتعاون بين مؤسسة روكفلر ووزارة الزراعة المكسيكية وأهداف برنامج

الذرة للسيميت هى المساعدة فى تطوير برامج تحسين الذرة الوطنية والاقليمية فى الدول النامية وامداد هذه البرامج بالتكنولوجيا. وتتركز مجهودات السيميت فى الدول الاستوائية المنتجة للذرة والتى يستخدم الذرة فيها كغذاء آدمى. وتشمل أنشطة السيميت الحفاظ على بنك للمواد الوراثية ، وتنظيم تجارب اختبارات الذرة الدولية ، وبرنامج بحثى لاستنباط عشائر ومواد وراثية محسنة لتوزيعها على المشتغلين ببحوث الذرة فى الدول المتعاونة معه وكفالة ورش العمل workshops وبرامج التدريب بالنسبة للمشتغلين فى بحوث الذرة.

مراجع هامة

Important References

1- Allard R . W . (1960) . Principles of Plant Breeding ., John Wiley & Sons , Inc . New York ,

2-Fehr, W. R. (1987). Principles of Cultivar Development . Vol . 2. Crop Species , Macmillan Publishing Company , A Division of Macmillan , Inc . New York ,

3- Poehlman, J .M .(1987) . Breeding Field Crops .. Avi Publishing Company, Inc . Westport , Connecticut . 3 rd Edition .

4- Sprague G. F. (1977). Corn and Corn Improvement . American Society of Agronomy , Inc . Publisher , Madison , Wisconsin , USA .

5- "تحسين المحاصيل خلطية الاخصاب" للدكتور احمد مدحت محمد النجار (عام ١٩٩٠)

مطبعة كلية الزراعة – جامعة القاهرة